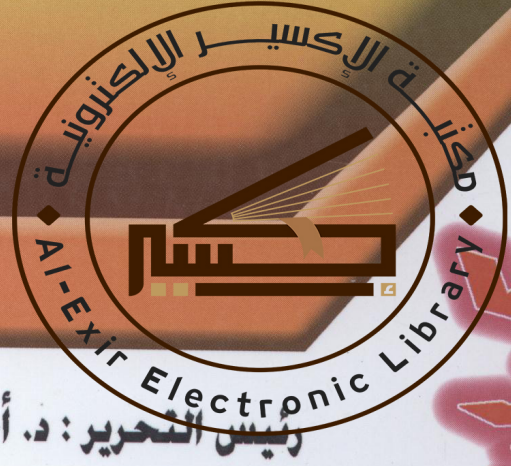


القوى النووية... والتنمية المستدامة

<http://alexir.org>

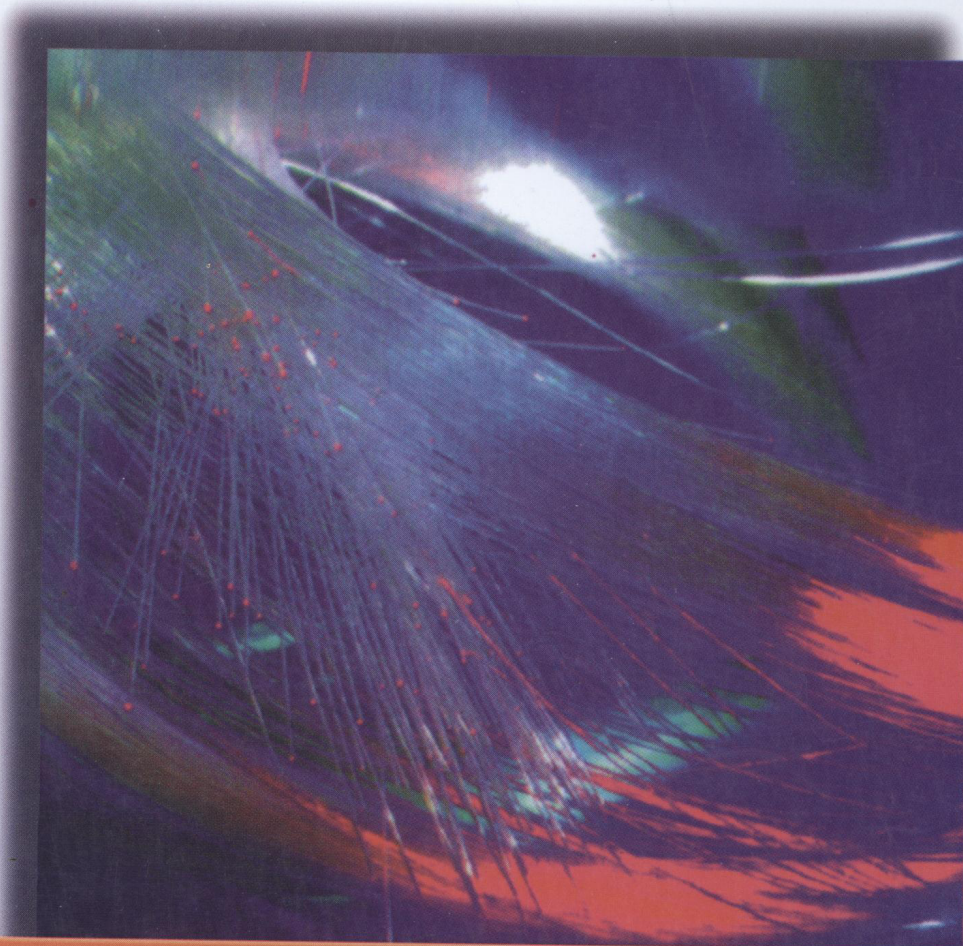
تعزيز أمن الطاقة المستدامة لمصر

مهندس / ماهر عزيز



مدير التحرير: أحمد أمين

رئيس التحرير: د. أحمد شوقي



سلسلة غير دورية تعنى بتقديم الإجهادات الفكرية والعلمية ذات التوجه المستقبلي



المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية



كراسات "مستقبلية"

سلسلة غير دورية تصدرها المكتبة الأكاديمية

تعنى بتقديم اجتهادات حديثة حول العلم والمستقبل

رئيس التحرير أ. د. أحمد شوقي مدير التحرير أ. أحمد أمين

المراسلات:

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٢٢٤٨٥٢٨٢ - ٢٢٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٣)



المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية

الحاصلة على شهادة الجودة

ISO 9002

Certificate No.: 82210
03/05/2001



النوى النورية... والتنمية المستدامة

تعزيز أمن الطاقة المستدامة لمصر

القوى النووية... والتنمية المستدامة

تعزيز أمن الطاقة المستدامة لمصر

مهندس

ماهر عزيز

استشارى الطاقة والبيئة

وخبير استراتيجيات مجابهة تغير المناخ



الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٩

حقوق النشر

الطبعة الاولى ٢٠٠٩م - ١٤٣٠هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال للصنعة والنطوع ١٨,٢٨٥,٠٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استنساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

إهداء

إلى الإرادة السياسية الجسور
التي منحت مصر استراتيجية
النوَّجَّة النووي..

.....

أملأ في تجسد ما هن
لحلم ملأ القلوب والعقول
منذ خمسين عاماً خلت.

ماهر عزير

هذه السلسلة

تزايدت في السنوات الأخيرة عمليات إصدار كراسات تعالج في مقال تفصيلي طويل (Monograph) موضوعاً فكرياً أو علمياً هاماً. وتتميز هذه الكراسات بالقدرة على متابعة طوفان الاتجاهات والمعارف الجديدة، في عصر يكاد أن يحظى باتفاق الجميع على تسميته بعصر المعلومات.

تعتمد هذه الميزة على صغر حجم الكراسات نسبياً بالمقارنة بالكتب، وتركيز المعالجة وتماسك المنهج والإطار. ولأهمية الدراسات المستقبلية في هذه الفترة التي تشهد تشكلاً متسارعاً للملامح عالم جديد، سعدت بموافقة المكتبة الأكاديمية وحماسة مديرها العزيز الأستاذ/ أحمد أمين لإصدار "كراسات مستقبلية" كسلسلة غير دورية مع تشريفي برئاسة تحريرها.

والملامح العامة لهذه السلسلة، التي تفتح أبوابها لكل المفكرين والباحثين العرب تتلخص في النقاط التالية:

انطلاق المعالجة مع توجه مستقبلي واضح (Future-oriented) أي أن يكون المستقبل هو الإطار المرجعي للمعالجة، حيث يستحيل استعادة الماضي، ويعانى الحاضر من التقادم المتسارع بمعدل لم تشهد البشرية من قبل.

الالتزام بمنهج علمي واضح يتجاوز كافة أشكال الجمود الإيديولوجي، مع رجاء ألا تتعارض صرامة المنهج مع تيسير المادة وجاذبية العرض.

الإبتكارية Creativity المطلوبة في الفكر والفعل معاً، في زمان صارت النصيحة الذهبية التي تقدم فيه للأفراد والمؤسسات: تجدد أو تبدد Innovate or evaporate!

الإلمام العام بمنجزات الثورة العلمية والتكنولوجية، التي تعد قوة الدفع الرئيسية في تشكيل العالم، مع استيعاب تفاعلها مع الجديد في العلوم الاجتماعية والإنسانية، من منطلق الإيمان بوحدة المعرفة.

مقارنة الموضوعات المختلفة سواء أكانت علمية أو فكرية مؤلفة أو مترجمة، من منظور التنمية الشاملة والموصولة أو المستدامة Comprehensive and Sustainable Development، التي تتعامل مع الإنسان كجزء من منظومة الكوكب، بل والكون كله.

كراسات هذه السلسلة تستهدف تقديم رؤيتنا لمستقبل العالم من منطلق الإدراك الواعي لأهمية التنوع الثقافي، التي لاتقل عن أهمية التنوع البيولوجي الذي تحتفى به أدبيات التنمية الموصولة، إننا نقدم رؤيتنا كمصريين وعرب ومسلمين وجنوبيين للبشرية كلها دون ذوبان أو عزلة، فكلاهما مدمر ومستحيل.

هذه الكراسية

يستشرف فيها المهندس ماهر عزيز رئيس قطاع الإدارة والدراسات البيئية بالشركة القابضة لكهرباء مصر/ وزارة الكهرباء والطاقة، وعضو الوفد المصري لمفاوضات الأمم المتحدة بشأن التنمية المستدامة خلال دورتي ٢٠٠٦ و ٢٠٠٧- الأفاق العريضة لمشاركة القوى النووية في مزيج الطاقة العالمي والمحلي، ويؤكد فيها على ضرورة الخيار النووي لتوليد الطاقة الكهربائية، وعودته على رأس الأولويات لمجابهة الطلب المتنامي أبداً على الطاقة.. ولقدرته الهائلة في مكافحة التغير المناخي، وتعزيز فرص التنمية المستدامة على كوكب الأرض.

إن أية مناقشة لمجريات الطاقة في القرن الحادي والعشرين يلزم أن تأخذ في حساباتها غياب التوازن العالمي للطاقة، فلا يزال في العالم قرابة ١,٦ بليون نسمة يفتقرون إلى مدخل ملائم لخدمات الطاقة المحدثة، وقليل من مناحي التنمية فقط - سواء تلك التي ترتبط بمستويات العيش أو الرعاية الصحية أو الإنتاجية الصناعية - يمكنها أن تجرى دون متطلب الإمداد بالطاقة. وحيثما نتطلع إلى هذا القرن الذي يمتد أمامنا فإن النمو في الطلب على الطاقة سيكون جوهرياً، و"وصل غير المتصلين" connecting the unconnected سيكون المفتاح للتقدم.

التحدى الآخر هو "الإستدامة" .. فكيف يكون بمقدورنا أن نقابل هذه الاحتياجات المتنامية من الطاقة دون أن نتسبب في وقوع تأثيرات جانبية معاكسة قد تعرض البيئة الملائمة لحياة الأجيال القادمة للخطر؟

والقوى النووية مرشحة بقوة لأن تكون بمثابة خيار "التمكين الكلي" .. الخيار الذي عاد مجدداً ليتبوأ مكاناً متقدماً بين مزيج الحلول القائمة، وتوقعات توسيع استخدام الكهرباء النووية تتنامى في تصاعد مستمر. فإضافة إلى النمو في الطلب على الطاقة، تساق هذه التوقعات بهجوم وتخوفات أمن الطاقة، واقتدار القوى النووية على تجنب الابتعثات من غازات الدفيئة، والأداء القوي الثابت للمحطات النووية.

ويتحتم على كل دولة أن تضع خياراتها الذاتية للطاقة .. "المقياس الواحد لا يلانم الجميع" .. غير أنه للدول التي تتطلع لجعل القوى النووية جزءاً من استراتيجياتها للتنمية المستدامة.. وفي طليعتها مصر.. من المهم الإبقاء على خيار القوى النووية مفتوحاً وسهل المنال.. بل ربما من المحتم أن يكون بالفعل جزءاً لا يتجزأ من استراتيجياتها لمقابلة الطلب على الطاقة.

في هذا الإطار تمثل هذه الكراسية إضافة مهمة للحوار الدائر بشأن القوى النووية.. وهي بذلك إضافة للسلسلة لشكر المهندس ماهر عزيز عليها.

ويحدوني كبير الأمل في أن تكون هذه الكراسية عوناً لكافة القطاعات صاحبة الاختصاص من ناحية، وإضافة معرفية للقارئ المهتم من ناحية أخرى.

أ.د. احمد شوقي

يناير ٢٠٠٨

المحتويات

الصفحة	الموضوع
١١	مقدمة
١١	• خلفية
١٧	• مصر على أعتاب عصر نووى جديد
١٩	الفصل الأول: القوى النووية: الوضع الراهن والاحتياجات
٢٣	الفصل الثانى: التنمية المستدامة
٢٧	الفصل الثالث: احتياجات الطاقة
٢٧	• النمو السكاني العالمى
٢٧	• التنمية الاقتصادية
٣٠	• استخدام الطاقة
٣١	• الطلب على الكهرباء
٣٣	الفصل الرابع: الإمداد بالطاقة
	• الخصائص الاقتصادية للقوى النووية
٣٤	والتكنولوجيات البديلة للتوليد الكهربى
٣٤	• تكلفة التوليد الكهربى
٣٦	• استبدال التكلفة الخارجية
٣٨	• مصادر الوقود النووى
٤٠	• الخصائص البيئية
٤٠	• ابتعاثات غازات الدفيئة
٤٢	• تلوث الهواء
٤٣	• الإشعاع
٤٥	• التخلص الآجل من النفايات
٤٩	الفصل الخامس: الانتشارية النووية وأمن المواد النووية
٤٩	• نظام حظر الانتشار النووى
٥١	• أمن المواد النووية
٥٣	الفصل السادس: الخيارات السياسية والتغير التكنولوجى
٥٣	• خيارات سياسية لتثبيت تركيزات غازات الدفيئة
٥٥	• كفاءة الطاقة وترشيد استخدامها
٥٦	• تحويل مزيج الطاقة إلى نوعيات الوقود الأقل تكثيفا للكربون
٥٦	• احتجاز الكربون وتخزينه
٥٧	• التغير التكنولوجى
٦٣	• تعزيز المرونة
	الفصل السابع: الكهرباء النووية..
٦٥	• وأمن الطاقة المستدامة لمصر
٦٥	• ضرورة الطاقة النووية لمصر
٦٩	• إمكانات دخول مصر العصر النووى
٧٩	• مصر على أبواب عصر نووى جديد
	• رؤية استراتيجية شاملة..
٨٠	• نظرة جديدة للمعادلة القومية للطاقة والتنمية

مقدمة

الإمداد بالطاقة يعنى بالنسبة للبعض الوفرة.. وللبيعض الأخر الندرة.. وللكتيرين يعنى الوقود الأحفورى.. ولجموع غفيرة غيرهم يعنى الكهرباء الهيدرولية والكتلة الأحيائية.. وللعيدين يعنى المزيج الممكن من الطاقة النووية والأحفورية والمتجددات.

نعم ففى مجال الطاقة.. التنوعية هى الواقع المؤكد، وهى حقيقة قائمة يعيشها العالم فى ٤٠ دولة حيثما تتوافر مرافق الصناعة النووية، وفى ١٠٠ دولة حيثما تتنوع محفظة الطاقة على المستوى التجارى، وهذه التنوعية تقع فى القلب من الجهود الراهنة التى تشتمل على تدبير حلول خالية من الكربون لعالم يتهدده التغير المناخى من جراء ابتعاثات غازات الدفيئة.

بيد أن هذه التنوعية يتعين ألا تدفعنا لنسيان أن جميعنا نشارك مستقبلاً واحداً للطاقة.. وجميعنا نتجه بالفعل الآن نحو ثورة عالمية فى الطاقة.. هى الثورة الثالثة فى تاريخنا المعاصر^(١). فلقد تشكلت الثورة الأولى للطاقة فى القرن التاسع عشر بالفحم والبخار، وتفجرت الثانية فى القرن العشرين بالنفط والكهرباء.. بينما تتبلج ثورة الطاقة الثالثة اليوم من أربعة أوليات جوهرية:

- الموارد الأحفورية المحدودة.
- النمو الاقتصادى القوى فى الدول البازغة.
- النمو السكانى بنحو ثلاثة بلايين نسمة مع حلول عام ٢٠٥٠.
- التغير المناخى.. لأن الدفيئة العالمية بطبيعتها قضية كونية.

■ نحو ثورة جديدة فى عالم الطاقة

على أن قضية الطاقة النووية لا تزال "مسألة عاطفية" للغاية فى أوروبا على وجه الخصوص، والعديد من الدول الأوروبية تضرر علاقة شديدة الالتباس والإبهام للطاقة النووية.. لكن سواء أكان الأمر جزءاً بالادعاء، أم مفعماً بالإجحاف والتحامل.. فالحقائق هى التى تفرض نفسها. والواقع هو أن الطاقة النووية خالية من الكربون.. تنافسية إلى حد كبير.. ومتاحة عالمياً على نحو يتسم بالإنصاف.. ولذا يكمن فيها جزء من الحل لا يمكن الفكك منه لأجل مستقبلنا للطاقة، وهنا تبرز حقائق جوهرية:

- الحقيقة الأولى.. هى أن النووية طاقة خفيفة الكربون أو بالأحرى خالية من الكربون.. وهى لم تبتدع كى تتجنب ابتعاثات الكربون.. لكنها تفعل ذلك حقاً.. وتتفادى اليوم كربوناً يعادل ما تطلقه كل السيارات فى أوروبا الآن.
- والحقيقة الثانية.. هى أن النووية تنافسية على نحو ما أظهرته كل الدراسات الحديثة تقريباً فى أجزاء مختلفة من العالم، تماماً مثلما أكدته الاختبارات

■ واقع الطاقة النووية الآن

(١) مقتطف من خطاب السيدة/ أنا لوفيرجيون رئيس المجلس التنفيذى لكبرى شركات الصناعة النووية الفرنسية.. أريفا، فى افتتاح الدورة العشرين لمجلس الطاقة العالمى فى روما يوم ١٢ نوفمبر ٢٠٠٧.

النووية بواسطة الدول البازغة الكبرى.. الصين، والهند، والبرازيل، وجنوب أفريقيا.. وذلك أمر في غاية الأهمية لأنه يرتبط بسعر الكهرباء.

□ والحقيقة الثالثة.. هي أنه متى بنيت محطة القوى الكهربائية فتكلفت الكهرباء المولدة ثابتة إلى أبعد الحدود، ويمكن توقعها والتكهن بها للأربعين إلى الستين سنة التالية. لماذا؟.. لأن اليورانيوم يحتسب فقط لحوالي ٥% من التكلفة الكلية للتوليد. وليس هنالك ما يستتبع ذلك أساساً حتى لو تضاعف سعر اليورانيوم أو بلغ ثلاثة أو أربعة أضعافه.

□ والحقيقة الرابعة.. ليس اعتماداً على الأحفوريات.. ولكن على اليورانيوم.. النووية قد هيئت على النحو الذي تُستوعب فيه كطاقة محلية. فهي جزء من أمن الطاقة للدولة. وكى تعزز دول كاليابان وفرنسا استقلال الطاقة لشعوبها طورت كل منها برامجها النووية الكبرى فى السبعينيات والثمانينيات والتسعينيات.

فى فرنسا كان ذلك خيار العشرين بليون يورو، أى مقدار المال الذى تم توفيره كل عام على فاتورة الطاقة الفرنسية بالمقارنة بعام ١٩٧٣.. وهو الخيار الذى حرر فرنسا من استيراد ما يكافئ إنتاج الكويت من النفط كل عام.. إذ ينتج البرنامج النووى الفرنسى ذات الكمية من الطاقة التى تنتجها دولة الكويت سنوياً من النفط.

وعندما نقول إن النووية بمثابة "الطاقة المحلية" .. نعنى أن اليورانيوم متاح، وهو موزع على نحو جيد فى العالم، والمناجم الكبرى الحالية توجد فى دول شديدة الاستقرار والرسوخ مثل كندا وأستراليا. كذلك "الكيف المعرفى" الفريد فى إعادة التدوير يمد فى عمر الموارد الطبيعية لليورانيوم إلى قرون عدة من السنوات فى الوقت الذى يحرز فيه الوصول إلى أمثلية الإدارة للنفايات تقدماً مضطرباً.

□ والحقيقة الخامسة.. تكمن فى أن النووية تقدم كثافة عالية للطاقة.. فمن اليسير للغاية أن تنتج كمية ضخمة من الطاقة داخل حيز صغير من المساحة، ومن اليسير كذلك أن تحتزن عدة سنوات من الوقود، على نحو ما أظهر اليابانيون فى خبرتهم بالنووية.

□ والحقيقة الأخيرة.. مؤداها أن النووية فعلياً هى حل ناجع للطاقة فى عالم اليوم.. وهى كذلك حل متعدد الأوجه للمستقبل.. مع تطوير تطبيقات جديدة لإنتاج الهيدروجين، ونزع الملوحة من المياه، وخلايا الوقود، واستخراج نפט الرمال والزييت الصخرى.

... ..

الحق إن النووية ليست تكنولوجيا عتيقة مذهشة ذات مفاجآت يسيرة فحسب.. بل هى حل تكنولوجى ذو ماضٍ تبرهن جيداً، وحاضر ديناميكى حى، ومستقبل واعد عتيق.

■ لماذا هي حل يرتبط بالدول

النامية؟

فلماذا إذن يظل هذا المستقبل الواعد ميزة فارقة يغتمها الأقلاء؟^(*)

إن الطاقة النووية من حيث هي حل ناجع لمستقبل الطاقة يتحتم أن تكون حلاً عالمياً وليست فقط خياراً يتمتع به الأغنياء.

فالكثرة من الدول قد استثنيت من ثورة الطاقة الأولى في القرن التاسع عشر .. وكثير منها قد تخلف بالفعل عن ثورة الطاقة الثانية .. أما اليوم فلا يمكن أن تترك جمهرة هذه الدول على قارعة الطريق.

... ..

□ لا يزال بليونان من البشر على وجه الأرض محرومين حتى اليوم من أى مدخل ملائم للطاقة.. والعيش بدون طاقة يعنى تقلص التوقعات الحياتية إلى عقود عدة ماضية على الأقل.

□ ومعظم الدول النامية والبارزة تتأثر على نحو خطير بالمستوى الراهن للنفط والغاز.. وهناك إجماع متنام على أن الأسعار ستظل مرتفعة كلما تحتم أن يواكب الإمداد الطلب المتسارع، وهذه الأسعار الأعلى لها توابع مدمرة للدول الأفقر.

□ إنه لصحيح على وجه الخصوص فى أفريقيا: إلى جانب الخشب وباقي الكتلة الأحيائية التقليدية، التى لا تزال تشكل حوالى ثلثى مزيج الطاقة.. أغلب الدول الأفريقية تعول على النفط والغاز لإنتاج ٥٧ إلى ٩٠% من استهلاكها للكهرباء.

□ كذلك فالدول النامية بحاجة ملحة لأن تحد من نمو ابتعاثات غازات الدفينة لديها بينما يتزايد استهلاكها للطاقة على نحو دراماتيكي.

فى هذا السياق ليس هنالك خيار أمام الدول النامية والاقتصادات البارزة إلا أن تكون جزءاً من ثورة الطاقة الثالثة، حيث يشكل تطوير مصادر مستدامة للطاقة قضية حرجة لتلك الدول:

- التى ستبقى مساهماً رئيسياً فى النمو السكانى العالمى..
- التى تشارك وستظل تشارك فى النمو الاقتصادى العالمى..
- التى يجرى فيها حالياً تحضير شديد يتطلب استدخال محطات القوى الكبيرة لمقابلة أحمال الأساس..
- والتى ستكون فى صدارة الذين يعانون من التغير المناخى.

(*)السيدة/ أنا لوفيرجيون: مرجع سابق.

ولا يشكل اعتبار الطاقة النووية أمراً ذا مغزى فقط لتلك الدول لكنه سيُعدّ خطأ لا يغتفر إذا ما أُلقت بها عنها أو نبذتها كأولوية لازمة.

في الماضي أثبتت النووية بالفعل أنها خيار كفاء للدول النامية.. فالصين والهند والبرازيل ورومانيا والمكسيك كانت في أسفل سلم الناتج المحلي الإجمالي لكل نسمة حين اتخذت قرارها بالنووية.. وهي ولاشك أمثلة صادمة.

وتؤكد التطورات الراهنة أن الفكرة المتعلقة باعتبار النووية امتيازاً للدول المتقدمة تتطوى على الكثير من التحامل والتحيز والأحكام المسبقة والمبتسرة. أدر ناظرنا نحو إندونيسيا والمغرب أو فيتنام على سبيل المثال.. الطاقة النووية قد تحسب عاجلاً لجزء من الزيادة الدراماتيكية في الإمداد بالكهرباء المطلوبة لهذه الدول.

إن الحقائق الراهنة تتلبس بجغرافيا جديدة للطاقة النووية تتشكل الآن.. وإذا ما نظرنا إلى خارطة المفاعلات النووية تحت التشييد حالياً يتضح بجلاء أن التمثيل التقليدي المفرط لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية حيال القوى النووية سيؤول سريعاً إلى اتزان أكبر.

وتلكم هي الأخبار السارة.. فالديناميات الراهنة لتلك الدول تبدو ذات منحى موجب، وهي موجبة كذلك للعالم أجمع.. بيد أن الوقوع على الخيار النووي يفرض على أى دولة الالتزام بالمدى الطويل.. ويجب ألا يغيب عن وعينا أن المحطة النووية تبقى لأربعين إلى ستين عاماً.. فالقرار باختيار الطاقة النووية يعنى البدء في رحلة طويلة، وهي رحلة لا يمكن لأحد خلالها أن يساوم على الأمان أو الأمن أو منع الانتشار النووي.

■ وماذا عن التكلفة؟ وهل هي في الأصل قضية؟

من غير شك.. ليس من قبيل المماثلة أن تمول محطة قوى نووية ومحطة موقدة بالغاز الطبيعي.. في الحالة الأولى تكون التكلفة الرأسمالية المبدئية شديدة الأهمية بينما التكلفة التشغيلية منخفضة، وعلى النقيض.. إذا لم تكن مضطراً لاستثمار الكثير من رأس المال في المرحلة الباكورة لمحطة تستخدم الغاز الطبيعي فإن ٧٥% من تكلفة الكيلووات ساعة المنتجة منها ستأتى من الغاز، وستتطوى على تكلفة تشغيلية عالية، لا يمكن التكهّن بها على المدى الأطول.

ولنكن أكثر وضوحاً.. لا يمكن التقليل من شأن التكلفة لأى دولة تشتري وتبنى محطة قوى نووية، بيد أن الحلول التمويلية قائمة بالفعل مما يدفع إلى القول بأن "المشيدات الجديدة" اليوم تقدم اتجاهاً تمويلياً جيداً:

□ فدراسات عديدة حديثة في أجزاء مختلفة من العالم تقدم رتبة استثمارية لمحطات القوى النووية الجديدة على قدم المساواة، أو أفضل، من الفحم والغاز في معظم الدول التي شملتها المراجعة. وكان ذلك سابقاً للارتفاعات المتوالية في سعر النفط، ودون احتساب أى سعر للكربون. والبحوث والتحليلات التي أجريت بواسطة البنوك الشهيرة تتقدم في نفس الاتجاه.

□ وهناك -مرة أخرى- مرافق عديدة في العالم.. في اليابان، والصين، والهند، وفنلندا أو فرنسا.. تشيد الآن محطات نووية.. ومرافق أخرى عديدة في الولايات المتحدة الأمريكية، والبرازيل، وليتوانيا، وجنوب أفريقيا أعدت خططاً وطيدة لتفعل ذلك في السنوات القادمة؛ ناهيك عن المملكة المتحدة التي أعلنت ثمانية مرافق فيها بالفعل عن شغفها بالقوى النووية.

ومن الزاوية المالية.. فإن مرفقاً للكهرباء يمتلك محطات قوى نووية خليق بأن يحظى باستثمارات جيدة للغاية.. إنها تبذع قيمة.. وهذه القيمة تنعكس في سعر الأسهم المملوكة للمرافق المسجلة بقائمة مشغلي محطات القوى النووية في أوروبا أو الولايات المتحدة الأمريكية.

وعلى ذلك.. فالحلول التمويلية متاحة.. مثلما هي متاحة للمشروعات الأخرى غير النووية، وعلى نحو ما هي متاحة لمشروعات طاقة الرياح أو مرافق الغاز المسيل على سبيل المثال. وهناك نماذج تمويلية مختلفة ووثمت على نحو حسن لكل دولة.

وإننا لنحیی الاهتمام الجديد المعلن من البنك الدولي بالطاقة النووية، وكذا الاهتمام المعلن من قبل بنوك الاستثمار الإقليمية كبنك الاستثمار الأوربي أو بنك التنمية الآسيوي. ورغم أن هذا الاهتمام لا يزال في مراحله الباكرة فمما لا شك فيه أن هذه البنوك ستكون مورداً نفسياً للغاية لبناء نموذج الطاقة غير الكربوني الذي يحتاجه العالم في العقود القادمة.

■ والآن .. هل من حاجج ؟

الأمر محفوف بالمعاهدات الدولية، والقوانين والنظم، والمال.. ولكن ماذا عن رأي العامة؟.. ماذا عن هؤلاء الذين في النهاية سيجنون ثمار الكهرباء المولدة بالمحطات النووية؟

ولكن واضح.. مثلما في كل مشروعات البنية الأساسية الكبرى، تثير الطاقة النووية مساجلات عديدة.. وستظل مؤكداً تفعل ذلك.. وهنا مرة أخرى.. تلكم الأخبار السارة.. السارة لأنه لا يوجد شيء لا يمكن قوله حيال الطاقة النووية.. ولأن المجادلة والتجاجج بشأنها يُدَوَّى.

ولكن دعونا نتساءل .. مجادلة ومحاكاة بشأن ماذا؟

□ أولاً: قضية الانتشار النووي. هل تيسر الطاقة النووية انتشار السلاح النووي؟.. يعلم الكثيرون حقيقة أن مفاعلات الماء الخفيف لا تستحضر مخاطر على الإطلاق في ذاتها فيما يتعلق بالانتشار النووي.

وفيما يختص بالوقود النووي المطلوب لتشغيل أمثال هذه المفاعلات.. قد يصبح الوقود النووي حساساً فقط حين يرتبط بالسيطرة على تكنولوجيا استخدام المزدوج فائقة التقدم المعروفة بتخصيب اليورانيوم ومعالجة الوقود المستنفد. ولكن معظم الدول تحصد منافع الطاقة النووية دون الحاجة إلى تملك

هذه التكنولوجيات والسيطرة عليها.. فهناك السوق الفعالة ذات الأداء الحسن لدورة الوقود التي ينشط فيها موردون أكفاء لخدمات التخصيب وإدارة الوقود المستنفد بأسعار تنافسية، مما يغنى معظم الدول عن القيام بها.

□ **ثانياً: الأمان النووي.** وهذه قضية جوهرية.. لكننا نؤكد هنا أن الأمان لا يقتصر فقط على النظم والإجراءات.. بل هو أولاً وقبل كل شئ مسألة ترتيب عقلي وثقافة.. وذلك هو السبب وراء الإمكانية الدائمة لتحسينه.

على أنه من المنصف فقط إدراك أنه في السنوات العشرين الماضية (منذ تشرنوبل) أحرز سجلّ التتبع الأمانى والبيئى لمحطات القوى النووية العاملة مكانة شديدة الرفعة والسمو، مثلما هو من المنصف كذلك إدراك أن تحسينات الأمان النووي قد تتابع على نحو متواتر فى مستويات كل من التصميم والتشغيل.

□ ونأتى هنا إلى قضية الاهتمام الثالثة: إدارة النفايات وتكهين المحطة. وهى على نحو دقيق قضية قبول جماهيرى أكثر من كونها قضية تقنية. فالتصريف الجيولوجى للنفايات قد أصبح حقيقة لا مرأى.. وقد بدأت فنلندا بالفعل أعمال التصريف الأمان للنفايات النووية فى جوف الأرض، وأصدرت فرنسا عام ٢٠٠٦ صكاً يعرف ويحدد خطوات مباشرة المختبر الأرضى.

والذى أعنيه بهذين المثليين هو أن الحلول الناجعة والكفاء موجودة بالفعل: مما يخلص بنا إلى أن قضية النفايات النووية قابلة للإدارة على أعلى مستوى.

ولكن مهما تكن الإجابة التقنية شافية فإن التخوفات الجماهيرية يتحتم أن تؤخذ بالجدية الواجبة، وأن تعالج بأمانة. وهنا يتعين على الحكومات أن تظهر القيادة، وعلى الصناعة النووية أن تفتح قلبها للجدل العام مع جميع الأطراف المعنية بمن فيهم المعارضين على نحو شفاف حقاً، فمن خلال الحوار الحر والجدل الجماهيرى العام يمكننا مغالبة أى تخوف مشروع وحقيقى.

■ **الرحلة طويلة.. لكننا لا نتأهب لها وحدنا..** لقد ذكرت آنفاً: إنها لرحلة طويلة حقاً لأية دولة تتجه إلى الطاقة النووية.. طويلة بيد أنها يمكن تدبيرها. ولذا فدول عديدة، كبيرة وصغيرة، غنية أو فقيرة، قد أنجزتها بالفعل.. وإنها حقاً لجديرة بالجهد. والدول كافة لن تكون بمفردها على الطريق.. فالوكالة الدولية للطاقة الذرية تقدم خارطة للطريق وسندا وعونا للتحرك فيه، وهى تؤدى فى هذا الصدد دوراً لا غنى عنه. كذلك فأقطاب الصناعة على أهبة الاستعداد الآن لمصاحبة العملية^(١).. لأن الاعتقاد السائد حالياً أن على الصناعة مسئولية خاصة لتعزيز مصادر الطاقة غير الكربونية وتطويرها.. وهى مسئولية أسست على خبرة عقود خلت.. وتوائم الصناعة لها نفسها بثبات.

(١) السيدة/ أنا لوفيرجيون: المرجع السابق.

بيد أنه على نحو محدد.. ماذا تعنى هذه المواصفة؟.. لعل مثالا واحداً نبرزه هنا له دلالة الحاسمة. فأحجام مختلفة من المفاعلات تُطلب من قبل دول متعددة، وفقاً لحجم السكان فيها وطبقاً لاحتياجاتهم، وبما يلائم استطاعة شبكتها الكهربائية.. ولذا فقد انتهت شركات كبرى عالمية إلى شراكات مؤثرة (مثل شركة أريفا فى فرنسا وشركة ميتسوبيشى فى اليابان) تنطلق من خلالها لتطوير مفاعلاً جديداً للاستجابة لهذه الاحتياجات المستجدة.

الحق أننا فى عالم يعاني ظمأً وتعطشاً مستمراً للطاقة.. لدينا بين أيدينا.. مع الطاقة النووية.. رصيذاً هائلاً لبناء مستقبل مستدام للطاقة. ويعنى ذلك أن واحدة من الإجابات الحاسمة لمسألة بلوغ أمن الإمداد والتنافسية ومكافحة التغير المناخي متاحة بالفعل.. فالواردون الجدد للطاقة النووية.. ومعظمهم من العالم النامي.. لهم بالتأكيد الكثير الذى يتلقونه من الدول التى أحرزت عقوداً من الخبرة فعلاً فى هذا المجال ومن الشركات التى شيدت محطاتها النووية.. وعلى نحو ما فعلت فى الماضى فى كل من البرازيل والصين وجنوب أفريقيا.. شركات عملاقة فى الصناعة النووية تلتزم الآن بمشاركة الآخرين خبرتها وإرثها المعرفى.

لكنها ليست قطعاً عملية تؤمها طريق واحدة.. فهذه الدول الجديدة المقبلة على الطاقة النووية - ومنها مصر - لديها هى أيضاً الكثير لتعلمه للآخرين بشأن ماذا سيكون عليه المدخل الرصين للطاقة النووية دون محرمات أو أحكام مبسرة. ففى آسيا وفى أفريقيا وفى أمريكا اللاتينية طوّرت العديد من الدول.. ومنها مصر.. مدخلاً إجرائياً عملياً للطاقة النووية استناداً إلى تقييم موضوعى للمزايا التى يمكنها إحرازها منها.. وختاماً فهناك حركة نشطة الآن فى الدول الأوروبية التى أدارت ظهرها للطاقة النووية لأسباب أيديولوجية بحتة لتتعلم من هذا الاتجاه الإجرائى العملى، وتعيد تقييم موقفها الرافض للطاقة النووية.

■ مصر على أعتاب عصر نووى جديد

فى ظل المحدودية الراهنة لمصادر الوقود الأحفورى.. الناضبة أبداً.. بمصر.. وفى ظل المحددات القائمة على المياه العذبة حاضراً ومستقبلاً مما يزيد الطلب على طاقة مضافة لإعذاب ماء البحر..

وفى ظل الاستنزاف المتواصل لموارد الغاز الطبيعى فى توليد الكهرباء مهما تعاظمت مخزوناتة المؤكدة والمرجحة مما يتطلب توجهاً استراتيجياً مختلفاً نحو الاستخدامات الصناعية الأجدى، ويزيد فى حصة تصديره، ويطيل فى عمره الافتراضى، ويبقى منه احتياطات ملائمة للأجيال المقبلة..

وفى ظل التصاعد المتواتر لاستهلاك الطاقة فى مصر لمقابلة متطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية التى تفرضها الزيادة السكانية المستمرة والتطلعات المشروعة للرفاهة والتقدم.

وفى ظل المشاركة المحدودة للطاقات المتجددة فى مزيج الطاقة الوطنى المقيدة بطروف النقل التكنولوجى الدولى والاقتصاديات غير المواتية.. مما سيظل هكذا ردحا غير منظور من الزمن..

أعلن السيد الرئيس محمد حسنى مبارك أن الخيار النووى يتقدم الآن كضرورة حتمية لتوليد الكهرباء للوفاء بقدر يتزايد دوماً من الطلب على الطاقة فى المزيج الوطنى منها.

وبهذا الإعلان.. فإن استراتيجية جديدة للطاقة تتبناها مصر الآن عوضاً عن سياسات لم يعد بمقدورها أن تواجه تحديات المستقبل..

ففى غمرة التحديات تبرز الفرص الجديدة.. تبرز لتطور وتطبق وتنتشر التكنولوجيا النووية الأحدث على الحافة الأمامية للتقدم.

وتنوعية مصادر الطاقة هى أفضل سبيل لحماية أنفسنا ضد نضوب وانقطاعات الإمداد، والارتفاعات الفجائية فى الأسعار، والأحداث غير المتوقعة.. أو أية تهديدات أخرى لأمن الإمداد.

إنه لتحد جسيم.. بيد أنه التحدى الذى يتحتم مجابهته.. التحدى الذى نؤمن أننا يمكننا أن نواجهه وننتصر عليه.

الفصل الأول

القوى النووية: الوضع الراهن والاحتياجات

خلفية

يشير رصد ومراجعة القوى النووية في العالم في أول أبريل عام ٢٠٠٦ إلى وجود ٤٤٣ مفاعل قوى نووية في التشغيل الفعلي في العالم الآن، يبلغ إجمالي قدراتها التوليدية المركبة ٣٧٠ ألف ميغاوات^(*) تمت الدول القائمة على تشغيلها بحوالي ١٦% من إجمالي الكهرباء المولدة في العالم؛ وهذه النسبة المئوية ثابتة على وجه التقريب منذ عام ١٩٨٦ بما يشير إلى أن القوى النووية حافظت على نموها بنفس المعدل الذي نمت به الكهرباء العالمية على مدى ٢٠ عاماً خلت. ويوجد كذلك ٢٦ مفاعلاً جديداً تحت الإنشاء. ويوضح الجدول رقم (١) توزيع مفاعلات القوى النووية عبر الدول لكل من المفاعلات في الخدمة والمفاعلات تحت الإنشاء.

وكما يتضح بالجدول رقم (١)، تستخدم القوى النووية بصفة رئيسية في الدول الصناعية، ويوجد ٤٠٥ (أو ٩١%) من المفاعلات الشغالة في العالم إما في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية & Organization for Economic Cooperation Development (OECD) أو الدول ذات الاقتصادات المتحولة Economies in Transition. وفيما يتعلق بقدرات التوليد الكهربائي فإن ٣٥٠ جيجاوات (GWe) من إجمالي ٣٨٠ جيجاوات، أو ٩٥% من قدرات التوليد النووي، مركبة في هذه الدول. بيد أن هذا النمط يصبح معكوساً فيما يتعلق بالمشيدات الجديدة من المحطات النووية، إذ يقع ستة عشر مفاعلاً من إجمالي ٢٦ تحت التشييد (أي ٦٢%). وإحدى عشرة جيجاوات من إجمالي ٢٠ جيجاوات (أي ٥٣%) في الدول النامية.

ويتمركز التوسع الحالي، وكذا منظورات النمو قريب المدى وبعيد المدى أيضاً، في قارة آسيا، إذ يقع ستة عشر من إجمالي ستة وعشرين مفاعلاً نووياً تحت التشييد حالياً في العالم في قارة آسيا وحدها، وأربعة وعشرون من آخر أربعة وثلاثين مفاعلاً ارتبطت بالشبكات الكهربائية كانت في القارة الآسيوية.

وفضلاً عن النمو التاريخي لقدرات التوليد الكهربائي النووي في العالم منذ عام ١٩٦٠، تشير سيناريوهات التوقعين المنخفض والمرتفع للقدرات النووية المنتظر إضافتها للقدرات المركبة في العالم حتى عام ٢٠٣٠، الموضوعة من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إلى أن إجمالي القدرات المركبة في العالم سيصل إلى ٣٨٠ جيجاوات عام ٢٠١٠ و ٤٣٠ جيجاوات في عامي ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ على الترتيب للتوقع المنخفض، كما ستصل إلى ٤٠٠ و ٥٣٠ و ٦٠٠ جيجاوات في أعوام ٢٠١٠ و ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ على الترتيب.

(*) ٣٧٠ ألف ميغاوات = ٣٧٠ ألف كيلووات = ٣٧٠ مليون كيلووات = ٣٧٠ ألف مليون وات.

جدول رقم (١) - مفاعلات القوى النووية فى التشغيل الفعلى
وتحت الإنشاء فى العالم (حتى أول أبريل ٢٠٠٦)^(١)

الدولة	المفاعلات فى التشغيل الفعلى		المفاعلات تحت الإنشاء		الكهرباء النووية المولدة عام ٢٠٠٤		إجمالى الخبرة التشغيلية خلال ٢٠٠٤	
	عدد الوحدات	القدرة الكلية ميجاوات (MWe)	عدد الوحدات	القدرة الكلية ميجاوات (MWe)	تيراوات ساعة (TWh)	النسبة المئوية من الإجمالى (%)	شهور	سنوات
الأرجنتين	2	935	1	692	7.3	8.2	7	52
أرمينيا	1	376	-	-	2.2	38.8	3	37
بلجيكا	7	5,801	-	-	44.9	55.1	7	198
البرازيل	2	1,901	-	-	11.5	3.0	2	27
بلغاريا	4	2,722	1	953	15.6	41.6	2	133
كندا	18	12,599	-	-	85.3	15.0	7	509
الصين	9	6,572	3	3,000	47.8	2.2	11	47
جمهورية التشيك	6	3,368	-	-	24.8	31.9	10	80
فنلندا	4	2,676	1	1,600	21.8	26.6	4	103
فرنسا	59	63,363	-	-	426.8	78.1	2	1,405
ألمانيا	17	20,339	-	-	158.4	31.8	0	666
المجر (هنجاريا)	4	1,755	-	-	11.2	33.8	2	78
الهند	15	3,040	8	3,602	15.0	2.8	5	237
جمهورية إيران الإسلامية	-	-	1	915	-	-	-	-
اليابان	56	47,839	1	866	273.8	29.3	4	1,176
جمهورية كوريا	20	16,810	-	-	124.0	38.0	8	239
لتوانيا	1	1,185	-	-	13.9	72.1	6	38
المكسيك	2	1,310	-	-	10.6	5.2	11	25
هولندا	1	449	-	-	3.6	3.8	0	60
باكستان	2	425	1	300	1.9	2.4	10	37
رومانيا	1	655	1	655	5.1	10.1	6	8
الاتحاد الروسى	31	21,743	4	3,775	133.0	15.6	5	791
سلوفاكيا	6	2,442	-	-	15.6	55.2	6	106
سلوفينيا	1	656	-	-	5.2	38.9	3	23
جنوب أفريقيا	2	1,800	-	-	14.3	6.6	3	40
أسبانيا	9	7,588	-	-	60.9	22.9	2	228
السويد	10	8,910	-	-	75.0	51.8	1	322
سويسرا	5	3,220	-	-	25.4	40.0	10	148
أوكرانيا	15	13,107	2	1,900	81.8	51.1	6	293
المملكة المتحدة	23	11,852	-	-	73.7	19.4	8	1,354
الولايات المتحدة الأمريكية	104	99,210	-	-	788.6	20.0	8	2,975
الإجمالى ^(٢)	443	369,552	26	20,858	2,616.9	%16	6	11,588

(١) البيانات مأخوذة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) International Atomic Energy Agency ، عام ٢٠٠٦.

(٢) يشتمل الإجمالى على البيانات التالية فى تايوان الصينية

- ٦ وحدات، 4,904 ميجاوات (MWe) فى التشغيل، ٢ وحدة، ٢٦٠٠ ميجاوات (MWe) تحت الإنشاء؛

- ٣٧,٩ تيراوات ساعة من التوليد الكهربى النووى، تمثل ٢٠,٩% من الكهرباء الكلية المولدة عام ٢٠٠٤؛

- ١٤٧ سنة، وشهر واحد من إجمالى الخبرة التشغيلية.

ولقد تباطأ النمو في القوى النووية على نحو جسيم قرب نهاية الثمانينيات على أثر المداخلات والممانعات الترخيصية من الحركات البيئية الصاعدة على كل من جانبي الأطلسي، التي غالباً ما أسفرت عن إطالة الأزمدة اللازمة للترخيص بشييد المفاعلات النووية، كما أسفرت عن زيادة التكلفة على نحو كبير. كذلك أحبط التراكم الحادث بفعل كل من التضخم وأسعار الطاقة المنفلتة الناتجة عن صدمات النفط عامي ١٩٧٣ و ١٩٧٩- أحبط النمو في الطلب على الكهرباء، ورفع التكلفة على نحو لا متناسب بمحطات القوى الكهربائية المكثفة لرأس المال، كمحطات القوى النووية. وأدركت بعض مرافق الكهرباء أن تكلفة القواعد التنظيمية والمعاملات المالية للقوى النووية عالية للغاية بما يحول - ببساطة - دون قدرتها على إدارة التكلفة على النحو الفعال المرجو. وحطم حادث ثرى مايل أيلاند Three Mile Island عام ١٩٧٩، على أخطر نحو ممكن، السمعة الحميدة لصناعة القوى النووية في الولايات المتحدة الأمريكية، رغم أنه لم يكن له أدنى تأثير خارج موقعه، وأدت حادثة تشرنوبيل عام ١٩٨٦، التي كانت لها تأثيرات خطيرة خارج نطاقها وفيما حولها، إلى انهيار توسعات القوى النووية على نطاق كبير في كل من القارة الأوروبية والاتحاد السوفيتي السابق. وأخيراً أسفر إسقاط التنظيمات السعرية بأسواق الكهرباء، على الأخص في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، كما أسفرت القدرات الكهربائية الزائدة المطروحة في السوق، عن الدفع بأسعار الكهرباء صوب الانخفاض وجعل استثمارات محطات القوى الكهربائية أكثر عرضة للمخاطر. وثمة أشياء أخرى كائنة على التساوى .. فبنية التكلفة الرأسمالية النووية (التكلفة المحملة على جبهة مشروع القوى النووية) تعتبر ضرراً أو خسارة في أسواق تركز على أرباح المدى القصير، وتعلو بالتالي من قيمة العائدات السريعة .

وقد تعدى النمو في توليد الكهرباء النووية في التسعينيات نظيره في القدرات النووية حيث زاد التمكين والتعزيز في الصناعة النووية والكفاءات الإدارية والارتقاءات التكنولوجية تدريجياً من متوسط إتاحة الطاقة لمحطات القوى النووية في العالم . ويقاس معامل إتاحة الطاقة energy availability factor النسبة المئوية للزمن الذي يكون فيه مفاعل القوى النووية متاحاً لتوليد الكهرباء أكثر من إغلاقه لإعادة تغذيته بالوقود أو لصيانته أو لأسباب أخرى عديدة. وقد ارتفع المتوسط العالمي لمعامل إتاحة الطاقة لمفاعلات القوى النووية من ٧٣% عام ١٩٩٠ إلى ٨٣% عام ٢٠٠٤. ويعادل هذا الارتفاع إضافة قدرها ٣٣ مفاعلاً نووياً جديداً قدرة الواحد منها ١٠٠٠ ميجاوات. مما انعكس على استمرار توليد الكهرباء من مفاعلات القوى النووية في العالم في الصعود بثبات رغم انحدار كم القدرات النووية الجديدة التي تدخل الخدمة كل عام على نحو جسيم منذ ذروتها الكبرى في الثمانينيات .

ووفقاً للتوقعين المنخفض والمرتفع المشار إليهما سابقاً المنشورين بواسطة الوكالة الدولية للطاقة الذرية لعام ٢٠٣٠، يفترض التوقع الأدنى عدم بناء مفاعلات قوى نووية جديدة فيما بعد المفاعلات تحت الإنشاء الفعلى أو المخطط إنشاؤها الآن، فقدرات القوى النووية تحت هذا المخطط تنمو فقط نمواً طفيفاً إلى ٤١٦ جيجاوات عام ٢٠٢٠ قبل أن تثبت عند هذا الحد؛ ويتضمن التوقع الأعلى مشروعات نووية مقترحة فيما بعد المشروعات التى تم الالتزام بتشييدها فعلاً على نحو مؤكد، إذ تنمو القدرات العالمية للقوى النووية بمقتضى هذا المخطط على نحو متواصل إلى ٦٤٠ جيجاوات عام ٢٠٣٠ بمتوسط معدل نمو أعلى قليلاً من ٢% فى السنة .

وبينما يبين كلا المخططين عن فروقات ذات مغزى فى أجزاء مختلفة من العالم فإن النمو الأكبر للمشروعات فى كليهما يقع فى الشرق الأقصى. وهنالك توسع كذلك فى أوروبا الشرقية فى كلا المخططين، ولأمريكا الشمالية فى المخطط الأعلى. أما فى غرب أوروبا فهنالك تقلص فى المخطط الأدنى حيث الإحالات إلى التقاعد تفوق المشيدات الجديدة لكن نمواً كبيراً يتم فى المخطط الأعلى ، وتكون معدلات النمو عالية فى الشرق الأوسط وجنوب آسيا فى كلا المخططين رغم أن هاتين المنطقتين تبدآن من قاعدة محدودة للغاية عام ٢٠٠٥ .

الفصل الثانى التنمية المستدامة

عُرِّقَت التنمية المستدامة عام ١٩٨٧ بواسطة لجنة برونديتلاند Brundtland Commission المعروفة رسمياً " باللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية" World Commission on Environment and Development بوصفها "...التنمية التى تقابل احتياجات الحاضر دون أن تُعَرِّض قدرة الأجيال القادمة على مقابلة حاجاتها للخطر (WCED، ١٩٨٧).

وهذا التعريف لا يميز على نحو غير مبهم أو غير ملتبس التنمية المستدامة عن التنمية غير المستدامة، بل ينشئ بالأحرى جسراً أو إطار عمل لمعالجة التوترات الممكنة بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة. فهو يشدد على أهمية التنمية الاقتصادية للوفاء بالحاجات الإنسانية بينما يؤكد أهمية البيئة الطبيعية بوصفها مانح الموارد ومستودع المخلفات فى آن معاً. وهو يطالبنا بأن نقضى فى خيارات اليوم ليس فقط بالتضمينات الآنية العاجلة سياسياً أو اقتصادياً أو بيئياً لعالم اليوم .. ولكن أيضاً بمنظور الأجيال القادمة التى ستفيد من نجاحاتنا فى إحراز التنمية المستدامة أو ستكابد الشقاء والبؤس من إخفاقاتنا وفشلنا.

ولقد تزامت أدبيات التنمية المستدامة منذ عام ١٩٨٧ مقسمة المفهوم بعامة إلى مجالات ثلاثة: اقتصادية وبيئية واجتماعية، بيد أن المراجعة الكاملة لهذه الأدبيات خارج نطاق هذه المطبوعة. على أن الخطوات المهمة التى اتخذت إلى حد بعيد فى ترجمة التعريف الأصيل إلى موجهات عملية متصلة بالقوى النووية يمكن إيجازها فيما يلى.

فعلى مبعدة خمس سنوات تالية لتقرير لجنة برونديتلاند عقدت الأمم المتحدة مؤتمرها الأكبر عن البيئة والتنمية United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) فى ريودى جانيرو بالبرازيل. وبين فعاليات أخرى أفرز مؤتمر الأمم المتحدة المعنى بالبيئة والتنمية كلا من الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)، وجدول أعمال القرن الحادى والعشرين Agenda 21. والأخيرة هى خطة عمل مستفيضة للتنمية المستدامة، وهى واقعياً الترجمة الفعلية التى أصدرها مؤتمر الأمم المتحدة المعنى بالبيئة والتنمية للتعريف الذى أصدرته لجنة برونديتلاند إلى توجهات سياساتية أكثر تحديداً، وتقع فى ٤٠ فصلاً تشمل جميع مناحى التنمية المستدامة، وتغطى قضايا الطاقة، لكنها ليس من بينها فصل مستقل مخصص للطاقة (UNCED، ١٩٩٢).

ولكى تتابع تنفيذ جدول أعمال القرن الحادى والعشرين - المعروف عالمياً "بالأجندة ٢١" - أسست الأمم المتحدة ما عُرف "باللجنة المعنية بالتنمية المستدامة" (CSD) Commission on Sustainable Development التى تجتمع بكاملها سنوياً لتعالج موضوعات مختارة وردت فى "الأجندة ٢١". وقد عولجت الطاقة للمرة الأولى فى الدورة التاسعة لاجتماعات "لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة" عام ٢٠٠١. وكان قرار هذه الدورة التاسعة بشأن الطاقة (UN، ٢٠٠١) هو أول جهد يكرس بواسطة هذه اللجنة ليترجم على نحو أعمق وأشمل تعريف لجنة برونديتلاند للتنمية المستدامة إلى توجهات سياساتية محددة فيما يتعلق بالطاقة .

وقد كانت الطاقة النووية، على الخصوص، موضوعاً مثيراً للجدل خلال عملية الإعداد المستفيضة لدور الانعقاد التاسع للجنة (CSD-9)، وخلال اجتماعات الدورة التاسعة ذاتها على مدى أسبوعين كاملين بمقر الأمم المتحدة فى نيويورك. وكانت المجادلات والمساجلات بين الدول التى تعتبر القوى النووية عنصراً جوهرياً لاستراتيجياتها بشأن التنمية المستدامة وتلك التى تنظر للقوى النووية بوصفها غير متسقة وغير متوافقة أساساً مع التنمية المستدامة طويلة ونافذة. يَبْدُ أن هذه المحاجَّات والجدليات انتهت إلى نتيجتين رئيسيتين:

أولاهما: اتفقت الدول على ألا تتفق على الدور المنوط بالقوى النووية فى التنمية المستدامة .

وقد تنبَّه النص النهائى الذى اشتمل على خلاصة أعمال الدورة التاسعة للجنة إلى أن بعض الدول تنظر للقوى النووية بوصفها مساهماً مهماً للتنمية المستدامة بينما لايفعل بعضها الآخر كذلك، ولخص بإيجاز منطق كل من المنظورين .

وثانيتهما: اتفقت الدول على أن "خيار الطاقة النووية هو قرار الدول ذاتها".

لكن الجدول المستفيض الذى ثار فى دور الانعقاد التاسع "للجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة" حول القوى النووية لم يكرر فى العام التالى فى "القمة العالمية للتنمية المستدامة" التى عقدت فى جوهانسبرج بجنوب أفريقيا عام ٢٠٠٢. ففيما يتعلق بالطاقة تبدأ "خطة جوهانسبرج للتنفيذ" التى اختتمت أعمال القمة العالمية للتنمية المستدامة بنداء مستقل للحكومات، والمنظمات الإقليمية والعالمية ذات الارتباط، وباقى الأطراف المعنية ذات العلاقة، لتنفيذ التوصيات والنتائج التى خلصت إليها القمة. وكانت السمة الجديدة لخطة جوهانسبرج للتنفيذ هى تضمين قائمة موجبة "positive list" بالتكنولوجيات، إذ تدعو خطة جوهانسبرج للتنفيذ إلى سلسلة من الإجراءات التى تدعم "الإتاحة واسعة المدى للطاقة النظيفة" التى يمكن أداء مقابلها (أى دفع ثمنها) من قبل المستهلكين كافة، على الأخص تعزيز مصادر

الطاقة المتجددة، وتحسينات الكفاءة، والتكنولوجيات المتقدمة للطاقة بما فيها التكنولوجيات الأنظف للوقود الأحفوري. وقد تم تضمين القوى النووية فى باب التكنولوجيات المتقدمة للطاقة Advanced Energy Technologies (UN، ٢٠٠٦).

كذلك كانت الطاقة والقوى النووية جزءاً رئيسياً من برنامج عمل الدورة الرابعة عشرة لاجتماعات لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة (CSD-14) التى عقدت بمقر الأمم المتحدة فى نيويورك خلال النصف الأول من مايو ٢٠٠٦ حول "الطاقة لأجل التنمية المستدامة، والتنمية الصناعية، وتلوث الهواء/الجو، والتغير المناخي"، التى تواصلت كذلك فى دور الانعقاد الخامس عشر: ٢٩ أبريل - ١١ مايو ٢٠٠٧ كدورة مخصصة لرسم السياسات وإقرارها حول نفس الموضوعات، وفى هذه الدورة تم الاتفاق على الحفاظ على جميع خيارات الطاقة مفتوحة بما يعنى ألا تستثنى الطاقة النووية من مزيج الخيارات المتاحة للحصول على الطاقة.

الفصل الثالث

احتياجات الطاقة

تتوقع جميع المخططات التي وضعت للطلب العالمي على الطاقة زيادات كبيرة في القرن الحادى والعشرين، وذلك رغم تطوير العديد من السيناريوهات التي وضعت لاستشراف الطرق التي يتسنى بواسطتها إبطاء النمو فى الطلب العالمى على الطاقة. وتكمن الدوافع الرئيسية لهذا النمو فى كل من النمو العالمى، والنمو الاقتصادى، على الأخص فى الدول النامية.

يبلغ عدد السكان فى العالم حالياً ٦,٥ بليون نسمة، وتتوقع الأمم المتحدة أن يصل عدد السكان فى العالم إلى ما يزيد على ٩ بلايين نسمة بحلول عام ٢٠٥٠ (UN، ٢٠٠٣). ورغم ذلك يتباطأ النمو السكانى حالياً حيث تتهاوى معدلات الخصوبة، على الأخص فى الدول الأقل نمواً. ويقدر المعهد الدولى لتحليل النظم المطبقة International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) - وفقاً لاحتمالية تصل إلى ٨٦% (أى بنسبة ست من إجمالى سبع) - أن النمو السكانى العالمى سيصل إلى منتهاه قبل عام ٢١٠٠، وأن عدد السكان فى العالم سيبدأ فى النقصان ببطء.

■ النمو السكانى العالمى

على أن الزيادة السكانية المتوقعة بمقدار ١,٥ بليون نسمة فيما بين الوقت الراهن وعام ٢٠٥٠ ستقع بكاملها تقريباً فى الدول النامية. وإذا ما تعين أن يحرز العالم بعض الطموحات الاقتصادية للفقراء الذين يحيون بين ظهرانينا الآن، فضلاً عن أولئك الذين سيولدون قبل الذروة السكانية المنتظرة، يتحتم أن تكون هنالك زيادات هائلة فى إمدادات الطاقة.

الطاقة هى القاطرة الرئيسية للتنمية الاقتصادية .. وستستمر كذلك مجرى الأيام. وقد أدركت لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة، على نحو أخص، أن "الطاقة متطلب جوهرى لإحراز غايات التنمية المستدامة"، وأن كلاً من جودة الطاقة وكميتها تحظيان معاً بأعلى درجة من الأهمية.. ولذا فالاعتماد على القوى البشرية وحيوانات الجر والأنواع التقليدية من الوقود لا يمكن أن تحفظ أو تستبقى نفس المستوى من النشاط الاقتصادى الذى يحفظه ويستبقه المدخل الممهد لمنتجات البترول والكهرباء.

■ التنمية الاقتصادية

لقد تنامت نظم الطاقة على نحو أكثر تعقيداً عبر الزمن، على الأخص مع استمرار التحضر والتصنيع، فالصناعة الحديثة وصناعات الخدمات، فضلاً عن البيئات الحضرية لعالم اليوم، تُعَوَّل على نحو جوهرى على الكهرباء- ويظهر ذلك جلياً فى مناحى الحياة كافة، فالكومبيوتر، مثلاً، لا يمكن أن يعمل بالفحم. وتتوقع جميع المخططات الديموجرافية المستقبلية تحضرية مستمرة تتسبب بالترادف مع التنمية الاقتصادية فى نمو الحاجة إلى الكهرباء .. ربما أسرع من احتياجات الطاقة الأخرى عموماً.

ويرتبط نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء ارتباطاً وثيقاً بالمستوى الاجتماعي والمعيشي للدولة، على نحو ما تم قياسه بمؤشر التنمية البشرية Human Development Index (HDI) الموضوع بواسطة الأمم المتحدة، وهو مؤشر تجميعي مركب تأسس على قياسات الصحة، وطول العمر، والتعليم، والمستويات الاقتصادية للعيش. ويوضح الجدول رقم (٢) مؤشر التنمية البشرية لبعض الدول مقابل استخدام الكهرباء للفرد فيها. وينظر مؤشر تنمية بشرية مقداره ٠,٨ أو أعلى حوالى ٣٠٠٠ كيلووات ساعة فى السنة لكل نسمة، بينما ينظر مؤشر تنمية بشرية مقداره أكبر من ٠,٩ ما يزيد على ٦٠٠٠ كيلووات ساعة لكل نسمة فى السنة.

جدول رقم (٢) - مؤشر التنمية البشرية واستهلاك الفرد من الكهرباء فى السنة لبعض الدول (UN، 2005)

الدولة	مصر	البحرين	الكويت	السعودية	قطر	الإمارات	البحرين	الكويت	السعودية
مؤشر التنمية البشرية	٠,٢٨	٠,٤٥	٠,٥٣	٠,٦٤	٠,٧٢	٠,٨	٠,٩	٠,٨٧	٠,٩٥
استهلاك الفرد من الكهرباء (كيلووات ساعة/سنة)	١٠٠	١٢٠	٤٠٠	١٥٠٠	٢٠٠٠	٦٠٠٠	٨٠٠٠	٣٥٠٠	١٣٥٠٠

* يشابه مؤشر التنمية البشرية فى مصر نظيره فى الجابون حيث يبلغ متوسط استهلاك الفرد من الكهرباء بمصر حالياً حوالى ١٥٠٠ كيلووات ساعة/سنة.

المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠٠٦.

ويلاحظ أن الجدول رقم (٢) لا يبين سوى المتوسطات القومية فقط التى تخفى حقيقة أن ما يقارب ربع سكان العالم الآن - ١,٦ بليون نسمة - ليس لديهم مدخلا ملائماً للكهرباء (IEA، ٢٠٠٤)، وتأمين مثل هذا المدخل - "وصل غير المتصلين" - أقرته وطالبت به "لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة" كمهمة جوهرية للتقدم على مدارج التنمية المستدامة. وهذا المدخل ركزت عليه وأكدته على نحو أعمق "وحدة الطاقة بالأمم المتحدة" كمتطلب رئيسى لمقابلة غايات الألفية للتنمية Millennium Development Goals (MDGs) (أنظر الصندوق رقم I) (٢٠٠٠). وقد تأسست غايات الألفية للتنمية فى قمة الألفية عام ٢٠٠٠ "لتشكل مخططاً أولياً (للتنمية) مصادفاً عليه بواسطة جميع الدول وسائر معاهد التنمية الرائدة فى العالم" (UN، ٢٠٠٦، ب).

(*) كان مجلس الطاقة العالمى (World Energy Council (WEC هو أول من نبه إلى ذلك فى رسالته عام ١٩٩٢ التى ضمنها كتابه المهم آنذاك "الطاقة لعالم الغد".

وقد أنشئت "وحدة الأمم المتحدة للطاقة" بعد القمة العالمية للتنمية المستدامة لتتهد بتنسيق النشاطات المرتبطة بالطاقة خلال مجمل منظومة الأمم المتحدة.

صندوق رقم I - "الرسائل الرئيسية"

تحدى الطاقة لإحراز غايات الألفية للتنمية (وحدة الأمم المتحدة للطاقة UN-Energy ، ٢٠٠٥)

- خدمات الطاقة كالإضاءة، والتسخين، والطهي، والقوى المحركة، والقوى الميكانيكية، والنقل، والاتصالات، تعتبر جوهرية للتنمية الاجتماعية - الاقتصادية، حيث أنها تنتج منافع اجتماعية وتدعم توليد الدخل والعمالة.
- يتحصل الفقراء على خدمات الطاقة بإحراز مدخل للوقود المحدث، والكهرباء، والقوى الميكانيكية، وهذا المدخل على الخصوص مهم للنساء والفتيات حيث أنهن غالباً أكثر الفئات تأثراً من جراء الخدمات القاصرة للطاقة.
- إعادة هيكلة قطاع الطاقة وإصلاحه يتعين أن تسفر عن توفير الحماية للفقراء.. على الأخص أولئك الذين يشكلون قرابة ١,١ بليون نسمة يعيشون على أقل من دولار واحد يومياً، كما يجب أن تأخذ في حساباتها انعدامات التساوي والتفاوتات الخاصة بنوعية الجنس في سياق إدراك أن الغالبية التي تشكل جموع الفقراء هن النساء.
- المستدامة البيئية للإمداد بالطاقة واستهلاكها يتعين تدعيمها وتقويتها لتقليل المخاطر البيئية والصحية، وهو ما يتطلب تنفيذ الإجراءات التي تزيد في كفاءة الطاقة، وتستدخل التكنولوجيات الحديثة لإنتاج واستخدام الطاقة، وتستبدل الأنواع الأتظف من الوقود بالأنواع الملوثة، وتجلب الطاقة المتجددة للاستخدام والانتشار.
- إمدادات ضخمة من الموارد المالية تحتاج للتعبئة لتوسيع استثمارات الطاقة وخدماتها في الدول النامية. ويتعين أن تتحسب هذه الإمدادات لحصة أكبر كثيراً من الناتج المحلي الإجمالي بالمقارنة بدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. فموارد القطاع العام ستظل ماسة وضرورية للاستثمار في توصيل خدمات الطاقة للفقراء من جراء محدودية مجابهة القطاع الخاص للمخاطر في الأسواق البازغة للطاقة .
- يتعين معاملة دور الطاقة وأسعار خدمات الطاقة داخل الاستراتيجيات القومية الكلية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، بما في ذلك استراتيجيات تقليص الفقر، وحملات الترويج للغايات التنموية للألفية، وكذا لبرامج المانحين، سعياً للوصول إلى غايات التنمية. ويتعين ربط تخطيط الطاقة بالغايات والأولويات في القطاعات الأخرى.

■ استخدام الطاقة

زيادات كبيرة في الاستخدام العالمي للطاقة يتم التخطيط لها حالياً على نحو متوافق وملائم للقرن القادم. ونوجز فيما يلي مجموعتين من السيناريوهات المستقبلية للطاقة التي يُستشهد بها عالمياً في الرؤى والتقارير المختلفة.

تنشر الوكالة الدولية للطاقة (International Energy Agency (IEA التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD على نحو منتظم سيناريوهات محدثة باستمرار للطاقة على المدى المتوسط. وقد نُشرت مؤخراً النتائج التي اعتمدها الوكالة حتى عام ٢٠٣٠ بمشارطات الطلب الإجمالي على الطاقة الأولية primary energy، وفقاً لنوعية الوقود لسيناريو الأساس (تأسيساً على فروض سيناريو الحالة المعادة)، والسيناريو السياساتي البديل "alternative policy scenario" (الذي يفترض إحراز تحسينات أسرع في كفاءة الطاقة، وخفوضات معجلة في تلوث الهواء وابتعاثات غازات الدفيئة، واستخدامات أكبر لمصادر الطاقة المتجددة والقوى النووية، وإجراءات أقوى لدعم أمن الطاقة) (IEA، ٢٠٠٤). ويظهر كلا السيناريوهين ارتفاعاً مستمراً منظوراً في استخدامات الطاقة (يصل إجمالي الاستخدام العالمي للطاقة الأولية إلى 16,200 مليون طن مكافئ نفط لحالة الأساس، وإلى ١٤,٤٠٠ مليون طن مكافئ نفط لمراصد التحسينات عام ٢٠٣٠)، وارتفاعاً مستمراً كذلك في استخدام أنواع الوقود الأحفوري. وهناك نتيجتان رئيسيتان أخريان تم تفصيلهما في التقرير، مؤداهما أن النمو في الطاقة أسرع في الدول النامية، وأن استخدام الكهرباء ينمو على نحو ربما أسرع حتى من الطلب الكلي الإجمالي على الطاقة.

كذلك تم نشر أربعين سيناريو على المدى الأطول الممتد حتى عام ٢١٠٠ بواسطة الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) في تقرير خاص عن سيناريوهات الابتعاثات (Special Report on Emissions Scenarios، IPCC، ٢٠٠٠)، وتستشرف هذه السيناريوهات استمراراً لنمو المدى المتوسط في الاستخدام العالمي للطاقة المذكور أعلاه في النتائج المنشورة بواسطة الوكالة الدولية للطاقة، كذلك فهي تعكس في نتائجها المفصلة نمواً مستمراً على نحو أسرع في الدول النامية، وانعطافاً مستمراً نحو الكهرباء. وعلى نحو ما يمكن ملاحظته من الطرف المنخفض لمدى السيناريوهات (١٢,٥٠٠ مليون طن مكافئ نفط عام ٢١٠٠) يتخفف النمو في استخدام الطاقة ويكبح جماحه في النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين في بعض السيناريوهات، بل يصير معكوساً واقعياً في حالات معدودة تفترض تراكباً بين النمو السكاني المنخفض، وأنماط حياة أقل كثيراً في تكثيف الطاقة، وتكنولوجيات ذات كفاءة أكبر للطاقة على نحو بعيد للغاية. بيد أنه لجملة السيناريوهات مجتمعة ينمو متوسط استخدام الطاقة الأولية وفق عامل factor قدره ٣,٥ من عام ٢٠٠٠ حتى عام ٢١٠٠.

■ الطلب على الكهرباء

ينمو الطلب الإجمالي العالمي على الكهرباء فى سيناريو الأساس الموضوع بواسطة الوكالة الدولية للطاقة IEA بمقدار ٢,٤% سنوياً. ولمقابلة هذا النمو يتعين أن تتزايد قدرات التوليد الكهربى العالمية من حوالى ٣٧٠٠ جيجاوات^(١) عام ٢٠٠٤ إلى حوالى ٧٣٠٠ جيجاوات عام ٢٠٣٠، وبضاعف ذلك تقريباً من قدرات التوليد الكهربى المركبة فيما بين الوقت الراهن وعام ٢٠٣٠. ومعنى ذلك أن ما يكافئ القدرات المركبة اليوم يلزم أن يشيد جديداً خلال ٢٤ عاماً القادمة، وقدرات جديدة يلزم أن تشيد كذلك لتحل محل الكثرة من محطات القوى الكهربائية فى العالم اليوم التى سوف تحال إلى التقاعد خلال الفترة ذاتها. فإذا قدرت نصف القدرات المركبة حالياً بوصفها تستلزم الإحلال (رغم أن العدد الحقيقى ربما يكون أعلى) فإن ما بين ٤٤٠٠ جيجاوات و ٥٤٠٠ جيجاوات من قدرات التوليد الجديدة سيكون مطلوباً بناؤها فى ربع القرن الحالى. ونظراً لأن محطات القوى الكهربائية تعمل بفاعلية لأمد عمرية تتراوح بين ٣٠-٧٠ سنة أو أكثر فإن خيارات الاستثمارات قريب المدى ستتملى على نحو واسع مزيج إمدادات التوليد الكهربى المطلوب جاعلة منها عنصراً مهماً للاستراتيجيات الوطنية للتنمية المستدامة.

(١) جيجاوات = ألف مليون وات = مليون كيلووات

الفصل الرابع

الإمداد بالطاقة

من المهم عند التبصر في كيفية مقابلة الاحتياجات المتصاعدة من الطاقة عالمياً أن يوجد إدراك بأن كل دولة تستخدم مزيجاً من إمدادات الطاقة، وأن جميع الدول تختلف عن بعضها البعض في استخدام هذا المزيج.. فكل دولة تستخدم مزيجاً من إمدادات الطاقة نظراً لأن:

- ١- تكنولوجيات مختلفة مطلوبة لمقابلة احتياجات متباينة، وأحد أمثلتها التكنولوجيات المطلوبة للنهوض بالقوى الكهربائية لحمل الأساس base load power بالتباين مع القوى الكهربائية لحمل الذروة peak power، أو لمقابلة الطلب المكثف على الكهرباء في المدن المليونية megacities في مقابل القوى الكهربائية خارج الشبكة للمستهلكين الصغار بالمناطق النائية.
- ٢- تطور الإمداد بالطاقة غير متكافئ، والتكنولوجيات الجديدة تحل محل القديمة منها في نوبات وابتداءات.. وفي تراكبات أو التحامات أو تداخلات.
- ٣- مستثمرين عديدين يختارون تكنولوجيات مختلفة استناداً إلى متطلبات متباينة ورؤى متغيرة بشأن الربحية والمخاطر.
- ٤- الدول سريعة النمو مثل الصين ربما تحتاج أن توسع جميع مصادر الطاقة لديها على نحو متزامن.. فقط لتحافظ بمواكبتها للطلب المتنامي على الطاقة لديها.

يضاف إلى ذلك أن المزيج الصحيح للطاقة يختلف لكل دولة عن نظيرتها، وهو يعتمد جزئياً على السرعة التي ينمو بها الطلب على الطاقة في الدولة، وكذا على مصادر الطاقة بالدولة وبدائلها أو مرادفاتها، وأيضاً على خيارات التمويل المتاحة وما إذا كانت الاستثمارات تتم في سوق محررة تعطى الاعتبار للعائدات السريعة، وأخيراً على الأولويات القومية وفقاً لما تعبر عنه السياسات الوطنية.

وتعتبر المقايضات أو التوازنات فيما بين القضايا المتعددة كمخاطر الحوادث الكبرى، والكهرباء الرخيصة، والتلوث، وفرص العمل، والاعتماد على الاستيراد، والتغير المناخي.. هي، على الأقل جزئياً، مسألة أولويات شخصية ووطنية؛ ولذا فهي جوانب للاختلافات القانونية حتى لو تعين على كل فرد أن يتفق بشأن كل الوقائع.

الخصائص الاقتصادية للقوى النووية والتكنولوجيات البديلة للتوليد الكهربى

■ تكلفة التوليد الكهربى

ينظر إلى محطات القوى النووية العاملة على النحو المعتاد عموماً بوصفها مصراً تنافسياً للكهرباء مدراً للربح. والسبب فى ذلك يكمن فى أنه بينما تكون هذه المحطات مكلفة نسبياً فى تشييدها تبقى غير مكلفة نسبياً فى تشغيلها. فبمجرد ما تستهلك تكلفة تشييد المحطة النووية بكاملها تكون عندئذ فى أفضل مراحل ربحيتها عموماً. وحيثما تتساوى العناصر الأخرى فهناك حافز اقتصادى لتشغيل المحطة إلى المدى الذى تكون فيه آمنة لإحراز ذلك، على نحو ما يشاهد من الإجراءات المستمرة لتجديدات التراخيص.

وفى الولايات المتحدة الأمريكية، وفقاً للوضع الراهن فى أول أبريل ٢٠٠٦، وافقت اللجنة التنظيمية النووية للولايات المتحدة الأمريكية على ٣٩ تجديداً لتراخيص يمتد كل منها إلى ٢٠ عاماً قادمة، وذلك لمجمل عمر مرخص قدره ٦٠ عاماً لكل مفاعل. وحتى ذلك التاريخ تلقى مالكو ما يقرب من ١٠٤ مفاعلاً تشغيلاً بالولايات المتحدة الأمريكية تجديداً لتراخيصهم أو تقدموا لطلب التجديد أو أقروا باعتزامهم التقدم لطلبه. والوضع مشابه لذلك فى دول أخرى، رغم أن تجديد التراخيص خارج الولايات المتحدة الأمريكية يتواتر أكثر بصفة عامة للفتترات الأقصر، أو يأخذ شكل "التجديدات الدوارة" أو "التجديدات التكرارية".

على أنه لا توجد بشأن المفاعلات النووية المشيدة الجديدة إجابة عالمية موحدة أو جامعة للسؤال: "هل القوى النووية اقتصادية؟" .. فحسبما تمت الإشارة إليه أعلاه تعتمد إتاحة وملاءمة خيارات الإمداد بالدرجة الأولى على الظروف الوطنية المحلية، كما تعتمد كذلك على بنية السوق، والبيئة التنظيمية، ومناخ الاستثمار، فى الدولة المعنية.

ويلخص الجدول رقم (٣) تقديرات تكلفة التشييد الجديد، وتكاليف الإنتاج المسواة *levelized production costs* وفقاً لسبع دراسات أجريت فى السنوات القليلة الماضية. ففيما عدا حالة التوليد الكهربى بالنفط (الذى تم تقديره فى واحدة فقط من الدراسات السبع) يبلغ الطرف الأعلى لكل مدى للتكلفة ١٠٠% أعلى، على الأقل، من الطرف الأدنى، وتوجد بعض الترجحات بسبب الفروض التكنولوجية المتباينة فى الدراسات السبع، لكن الكثير منها كذلك يرجع للعوامل الوطنية المحلية. وتتأسس هذه التكاليف على الإذعان للتنظيمات القائمة، ولذا فإى تغيير تنظيمى يسفر عن إضافة تكاليف زائدة، أو خصم تكاليف قائمة، على نحو مؤثر يتسبب حتماً فى إزاحة الأرقام وإبدالها.

ويعطى الجدول رقم (٤) تكلفة إنتاج الكهرباء النووية فى بعض الدول حيث يتضح التفاوت الكبير فيما بينها، بما يؤكد تأثير الظروف الوطنية المحلية فى تحديد التكلفة النهائية لإنتاج الكهرباء من الخيارات المتاحة لمصادر الطاقة الكهربائية على النطاق القومى. ويلاحظ أنه فى حالة معدل خصم مقداره ٥% تتضاءل تكلفة إنتاج الكهرباء النووية فى الدول جميعها حتى لتصبح -فى هذه الحالة- منافساً قوياً لمعظم المصادر التقليدية لتوليد الكهرباء.

جدول رقم (٣) - تقديرات التكلفة المقارنة مستخلصة من دراسات حديثة

منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية/ وكالة الطاقة الذرية/ الوكالة الدولية للطاقة ^(٧)	معهد بحوث الطاقة الكندي (كندا) ^(٦)	وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة (اليابان) ^(٥)	وزارة الاقتصاد والمالية والصناعة (فرنسا) ^(٤)	الأكاديمية الملكية للهندسة ^(٣) (بريطانيا)	جامعة شيكاغو ^(٢)	معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT ^(١)	
التكلفة المسواة ^(٨) لوحدة الطاقة المولدة	سنت أمريكي/ كيلوات ساعة ^(٩)	سنت أمريكي/ كيلوات ساعة ^(٩)	سنت أمريكي/ كيلوات ساعة ^(٩)	سنت أمريكي/ كيلوات ساعة ^(٩)	سنت أمريكي/ كيلوات ساعة ^(٩)	سنت أمريكي/ كيلوات ساعة ^(٩)	
النووية	6.9-2.1	7.5-4.4	5.0	3.6	4.2	7.1-4.1	6.7
الفحم	6.9-1.6	4.9-4.0	5.3	4.4-4.1	6.4-4.6	4.1-3.3	4.2
الغاز الطبيعي	6.4-3.8	6.3-6.0	5.8	4.5	5.2-4.1	4.5-3.5	5.6-3.8
النفط	-	-	10.0	-	-	-	-
القوى الهيدروكهربائية	24.2-4.0	-	-	-	-	-	-
سبلة الدواجن	-	-	-	-	12.5	-	-
الرياح السطحية	14.4-3.1	-	-	-	9.9-6.8	-	-
الرياح البحرية	12.3-5.2	-	-	-	13.3-10.1	-	-
الأمواج/قوة البحر	-	-	-	-	12.2	-	-
الفوتوفلطيات الشمسية	137.6-12.1	-	-	-	-	-	-
التكلفة الراهنة لوحدة القدرة المركبة ^(١٠)	دولار أمريكي/ كيلوات	دولار أمريكي/ كيلوات	دولار أمريكي/ كيلوات	دولار أمريكي/ كيلوات	دولار أمريكي/ كيلوات	دولار أمريكي/ كيلوات	
النووية	2510-1074	2491-1968	2614	1823	2119	1800-1200	2000
الفحم	2347-719	1341	2548	1419-1290	1511-1345	1460-1182	1300
الغاز الطبيعي	1292-424	596	1536	652	553	700-500	500
النفط	-	-	2520	-	-	-	-
القوى الهيدروكهربائية	6985-1541	-	-	-	-	-	-
سبلة الدواجن	-	-	-	-	1390	-	-
الرياح السطحية	1634-976	-	-	-	1364	-	-
الرياح البحرية	2622-1637	-	-	-	1695	-	-
الأمواج/قوة البحر	-	-	-	-	2580	-	-
الفوتوفلطيات الشمسية	10164-3363	-	-	-	-	-	-

(١) معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT (2003) .

(٢) جامعة شيكاغو (٢٠٠٤).

(٣) الأكاديمية الملكية للهندسة (٢٠٠٤) .

(٤) الإدارة العامة للطاقة والمواد الخام بوزارة الاقتصاد والمالية والصناعة

(DGEMP) General Directorate for Energy and Raw Materials (٢٠٠٣).

(٥) وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة (METI) Ministry of Economy, Trade and Industry (٢٠٠٤).

(٦) معهد بحوث الطاقة الكندي (CERI) Canadian Energy Research Institute (٢٠٠٤).

(٧) منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية/ وكالة الطاقة النووية/ الوكالة الدولية للطاقة

Organization for Economic Cooperation and Development/ Nuclear Energy Agency/ International Energy Agency (OECD/ NEA/ IEA (2005)

(٨) التكلفة المسواة للكهرباء هي السعر على قضبان التوصيل (موصلات التوزيع العمومية) المطلوب لتنظيم تكاليف التشغيل مضافا إليه الحصة السنوية من التكلفة الرأسمالية لمحطة القوى الكهربائية.

(٩) العملات القومية المستخدمة في الدراسات المختلفة تم تحويلها إلى دولارات أمريكية باستخدام أسعار التحويل المعلنة يوم ١١ نوفمبر ٢٠٠٤.

(١٠) تكلفة الأمر the Overnight Cost الذي يدفع إذا جرت جميع النفقات الرأسمالية في آن واحد، وهي لا تتضمن تكلفة (مصرفات) الفائدة على رأس المال.

المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2006.

جدول رقم (٤) - تكلفة إنتاج الكهرباء النووية في بعض الدول

الدولة	معدل الخصم	الاستثمار (%)	التشغيل والصيانة (%)	الوقود (%)	التكلفة الإجمالية سنت/كيلووات ساعة
كندا	%٥	٦٧	٢٤	٩	٢,٥
	%١٠	٧٩	١٦	٦	٤,٠
فنلندا	%٥	٥٩	٢١	٢٠	٣,٧
	%١٠	٧٣	١٤	١٣	٥,٦
فرنسا	%٥	٥٤	٢١	٢٥	٣,٢
	%١٠	٧٠	١٤	١٦	٤,٩
اليابان	%٥	٤٣	٢٩	٢٧	٥,٧
	%١٠	٦٠	٢١	١٩	٨,٠
جمهورية كوريا	%٥	٥٥	٣١	١٤	٣,١
	%١٠	٧١	٢٠	٩	٤,٨
أسبانيا	%٥	٥٤	٢٠	٢٦	٤,١
	%١٠	٧٠	١٣	١٧	٦,٤
تركيا	%٥	٦١	٢٦	١٤	٣,٣
	%١٠	٧٥	١٧	٩	٥,٢
الولايات المتحدة الأمريكية	%٥	٥٥	٢٧	١٩	٣,٣
	%١٠	٦٨	١٩	١٣	٤,٦

المصدر: Nuclear Energy Agency (NEA), OECD: Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective, 2000.

■ استدخال التكلفة الخارجية

التكاليف الخارجية هي تلك التكاليف التي يعانيتها العامة (مثل تكاليف الرعاية الصحية بسبب محطة قوى كهربية شديدة التلوث) التي لا يتعين على المستفيدين المباشرين (من توليد الكهرباء كمالكي المحطة وعمالهم) أن يدفعوها .

ولقد أمكن في العقود الأخيرة إحراز تقدم كبير في استدخال العديد من التكاليف الخارجية البيئية والصحية السابقة من خلال القواعد التنظيمية للتحكم في التلوث، والأمان النووي، وأمان المناجم، وتشغيل ناقلات النفط، على سبيل المثال،.. وأكثر حداثة الأسواق الجديدة للابتعاثات الكربونية التي أبدعت بدخول بروتوكول كيوتو حيز النفاذ. وبمجرد أن تُستدخَل مثل هذه التكاليف فإنها تؤخذ في الاعتبار لدى اتخاذ القرارات الاستثمارية بالقطاع الخاص .. وفي خيارات المستهلكين.

ورغم التقدم المنوه عنه توافرت العديد من المؤسسات البحثية واتحادات صناعة الطاقة إلى بذل جهود إضافية لاستدخال التكاليف الخارجية لدعم التنمية المستدامة.

بيد أنه لا يزال الكثير من التقدم مطلوباً لإحرازه في حالة غازات الدفيئة GHGs^(*) لمقابلة غايات الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ UNFCCC التي تقضى بتثبيت التركيز الجوي لغازات الدفيئة "عند مستوى يتسنى بمقتضاه منع التداخل الأنثروبولوجي الخطير مع النظام المناخي" .

(*) Greenhouse Gases = GHGs

ورغم أن مستثمرى القطاع الخاص يتخذون قراراتهم على نطاق واسع بالتأسيس على التكاليف المستدخلة فإن المستثمرين الحكوميين وصانعى السياسات ربما يرغبون فى اتخاذ قراراتهم تأسيساً على التكاليف المستدخلة مضافاً إليها أية تكاليف خارجية متبقية. يَبْدُ أن التكاليف الخارجية قد يكون من الصعب تكميمها والتعبير عنها بقيم مالية، فأية عملية تقييمية لاحتساب القيمة أو الثمن تظل تقديرية عبر وجهات نظر شخصية أو ذاتية بما يجعل النتائج تختلف عبر الدول. على أنه رغم كل اللاتيفنيات والاختلافات القومية فى تسعير التكلفة الخارجية وتقدير قيمتها عمدت العديد من الدراسات المهمة إلى تقدير التكاليف الداخلية والخارجية الكلية المرتبطة بالتكنولوجيات المختلفة لتوليد الكهرباء، ويستعرض الجدولان رقم (٥) ورقم (٦) نتائج دراستين كبيرتين أجريتا تحت المشروع البحثى "إكسترن-إى" Extern-E (معهد بول شيرر ٢٠٠١، والمفوضية الأوروبية ٢٠٠٣، وفريدريش ٢٠٠٥) (*).

جدول رقم (٥) - ملخص للتكاليف الخارجية مأخوذ عن الدراسات المؤسسة على التكنولوجيات المتاحة عام ١٩٩٩، ويلاحظ أن التكاليف الصحية والبيئية متضمنة ومعبّر عنها باليوروسنت/كيلووات ساعة (المفوضية الأوروبية European Commission ٢٠٠٣)

التكنولوجيا	قوى الرياح	الخلايا الفوتوفلطية	القوى الهيدروكهربية	الكتلة الأحيائية	القوى النووية	الغاز الطبيعى	النفط	فحم المستنقعات	الفحم والليجنيت
التكلفة الخارجية (يورو سنت/كيلووات ساعة)	٠,٤	٠,٨	٠,٢	٠,٢	٠,٥	١,٢	٣,٢	٢,٤	٢,٣
			١,٢٥	٣,٤	٠,٩٥	٤,٢	١١,١	٥,٢	١٥,٢

المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠٠٦.

جدول رقم (٦) - ملخص للتكاليف الخارجية بجمهورية ألمانيا تأسيساً على التكنولوجيات المتوقعة أن تكون متاحة عام ٢٠١٠ (وفقاً لفريدريش Friedrich عام ٢٠٠٦)

التكنولوجيا	قوى الرياح البحرية	القوى الهيدروكهربية	الآلات الترددية	الخلايا الفوتوفلطية	بالتربينات الغازية	للحرارة والكهرباء المشترك	خلايا الوقود	تكميلية بالليجنيت	تكميلية مركبة مغوزة	محطات القوى بالفحم ذات المهند المعينة
التكلفة الخارجية (يورو سنت/كيلووات ساعة)	٠,٢	٠,٢٥	٠,٣	٠,٤٥	١,١	١,٦	١,٩٥	٢,٥	٢,٥	٣,٣

المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠٠٦.

(*) (PSI 2001; EC 2003; Friedrich 2005)

والواقع أن التأثيرات البيئية غير المسعرة لا تمثل وحدها فقط التكاليف الخارجية محل الاعتبار، فالتخوفات الراهنة حول أمن الإمداد بالطاقة تستدعي اهتمامات مماثلة كانت محط الاهتمام خلال برامج التوسعات النووية لكل من فرنسا واليابان في زمن الصدمات النفطية أثناء السبعينيات. فالمضار (الخسارات) والهموم المرتبطة بالإمداد القومي غير المؤمن للطاقة تشكل تكلفة خارجية غير مرئية على نطاق واسع لأي مستثمر في سوق طاقة محررة. ولمعظم الدول يزداد التوسع في القوى النووية من تنوعية إمداداتها بالطاقة، ويزيد بالتالي أمن هذه الإمدادات.. بل أكثر من ذلك تحتاز القوى النووية خاصيتين مميزتين تزيد في مرونتها:

أولاهما: أن تكاليف إنتاج الكهرباء النووية أقل حساسية للتغيرات في أسعار الوقود مما لتكاليف توليد الكهرباء المنتجة بالوقود الأحفوري، فلقد أسفر التضاعف الأخير لأسعار اليورانيوم إلى ثلاثة أمثال ما كانت عليه عن فارق 2-3 % فقط في تكاليف التوليد للقوى النووية.

وثانيتهما: أن الوقود الأساسي - اليورانيوم - متاح في طائفة متنوعة من الدول المنتجة، بينما كميات ضئيلة هي المطلوبة فقط بما يجعل من الأيسر تأسيس مخزونات استراتيجية لليورانيوم. وفي الممارسة العملية كان الاتجاه العام عبر السنين بعيداً عن المخزونات الاستراتيجية لتأمين الإمداد استناداً إلى سوق متنوعة فاعلة على نحو جيد لليورانيوم، وخدمات الإمداد بالوقود. غير أن خيار المخزونات الاستراتيجية منخفضة التكلفة نسبياً يبقى متاحاً للدول التي تجده ذا أهمية لديها.

■ مصادر الوقود النووي

يعتبر المدى الذي توجد فيه مصادر الطاقة محدوداً جزئياً بالطبيعة.. وجزئياً بالبراعة البشرية والاقتصاديات. و"المخزونات" أو "الاحتياطيات" Reserves هي ذلك الجزء الذي يمكن الوصول إليه من مصادر الطاقة بالأسعار القائمة والتكنولوجيا الراهنة. ولذا تعتمد المخزونات بصفة رئيسية على المدى الذي يعتزم الناس فيه أن يدفعوا مقابل حصولهم على خدمات الطاقة، وعلى التكنولوجيا المتاحة لاستخراج المصادر وتحويلها إلى خدمات. أما المصادر غير المطلوبة من قبل السوق فينظر إليها فقط بوصفها "متاعاً محايداً" neutral stuff أو "سلعة متعادلة"؛ وعلى ذلك تستعاد المخزونات ثانية على نحو مستمر ليس بسبب إبداع مواد جديدة ولكن من خلال الطلب المتنامي، والتكاليف المتناقصة للإنتاج التي تحول "المتعاع المحايد" إلى مخزونات.. وذلك حقيقياً لكل من المصادر المتناهية والمتجددة على السواء. غير أنه للمصادر المتناهية finite resources، خلافاً للمتجددة، يوجد حد نهائي يتم التوقف عنده.

وتشمل المصادر النووية كلاً من اليورانيوم والثوريوم، حيث يوجد الأخير بوفرة تعادل ثلاثة أضعاف ما يوجد من اليورانيوم، لكن المخزونات أو الكميات التي يمكن تحصيلها تعتمد -كما تمت الإشارة إليه أعلاه- على أحوال السوق والتكنولوجيا، فضلاً عن جيولوجية الرسوبيات أو المستودعات المختلفة. ويعتبر اليورانيوم في الوقت الراهن هو الأكثر طلباً على الإطلاق.

وتعمل جميع مفاعلات القوى النووية الشغالة في العالم الآن، البالغ عددها 443 مفاعلاً، بوقود اليورانيوم؛ كذلك ستكون المفاعلات البالغ عددها 26 مفاعلاً تحت التشييد الآن. وتقدر المصادر التقليدية المثبتة لليورانيوم حالياً بما يبلغ 4.7 مليون طن من اليورانيوم بأسعار لا تتجاوز 130 دولاراً/ كيلوجرام. وكأساس مرجعي بلغ سعر السوق الحاضرة في نهاية يناير 2006 حوالي 94 دولاراً/ كيلوجرام، وقدرت المصادر التقليدية الإضافية فيما يجاوز تلك المثبتة فعلاً بما يضيف 10.1 مليون طن أخرى من اليورانيوم. ويلخص الجدول رقم (٧) الآماد الزمنية التي يمكن أن تعيشها المصادر التقليدية لليورانيوم بمعدلات الحرق الحالية في المفاعلات. ويفترض الصف الأول من الأرقام بالجدول أن المفاعلات المستقبلية للقوى النووية تستخدم نفس التكنولوجيا كما لمفاعلات اليوم التي يمكنها أن تستخدم فقط أقل من 2% من الطاقة الكامنة في اليورانيوم الطبيعي، بينما يفترض الصف السفلي من الأرقام بالجدول، حيثما يصبح اليورانيوم أغلى سعراً، أن الوقود المستخدم يعاد تدويره في نهاية الاستخدام، بواسطة التكنولوجيات المتاحة اليوم، لاستخراج أكثر ما يمكن من الطاقة المتاحة. ونظراً لأن جميع الأرقام في الجدول مؤسسة على معدلات الاستهلاك الحالية لليورانيوم، فإنها عرضة للتناقص جميعها بالتناسب مع أية توسعات في القوى النووية.

وإذا ما أخذنا الموارد غير التقليدية لليورانيوم في الحسبان تزايد عندئذ، على نحو كبير، جميع الأرقام الواردة في الجدول رقم (٧)، إذ تشمل الموارد غير التقليدية لليورانيوم على حوالي 22 مليون طن من اليورانيوم توجد في الرسوبيات الفوسفاتية، بالإضافة إلى ما يقارب 400 مليون طن من اليورانيوم محتواة في ماء البحر. وتعتبر تكنولوجيا استخراج اليورانيوم من الفوسفات ناضجة الآن رغم ارتفاع التكاليف نسبياً عند مستوى 60-100 دولار/ كيلوجرام من اليورانيوم. أما تكنولوجيا استخراج الموارد الهائلة لليورانيوم الممزوجة بماء البحر فقد بلغت طور الإظهار المعملّي laboratory demonstrated فقط، وقدرت تكاليف استخراجها بحوالي ٣٠٠ دولار/ كيلوجرام يورانيوم (UNDP, 2000). على أن الأثر الذي يبلغه أي ارتحال نهائي إلى مصادر اليورانيوم ذات التكلفة الأعلى على تكاليف التوليد النووي للكهرباء سيكون محدوداً باعتبار أن تكلفة الوقود هي جزء أقل من تكاليف إنتاج الكهرباء النووية (2%) مما هي عليه في تكلفة التوليد الكهربائي بالوقود الأحفوري (٤٠-٧٠%).

جدول رقم (٧) - سنوات إتاحة مخزون اليورانيوم العالمي للقوى النووية
(2006، IAEA-NEA/OECD)*

السنوات من عام ٢٠٠٤ للتوليد الكهربى النووى العالمى بالمصادر التقليدية الإجمالية	السنوات من عام ٢٠٠٤ للتوليد الكهربى النووى العالمى بالمصادر التقليدية المثبتة	المفاعل / دورة الوقود
270	80	الدورة المباشرة الحالية للوقود بمفاعلات الماء الخفيف.
19000 - 16000	5600 - 4800	دورة الوقود النقى بالمفاعلات السريعة مع تدوير الوقود.

المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠٠٦.

ويتعين ملاحظة أن الجدول رقم (٧) يشير فقط إلى استخدامات اليورانيوم، أما المفاعلات النووية الموقدة بالثوريوم فقد تم تطويرها فى عقدى الستينيات والسبعينيات لكنها لم تستحوذ البتة على نصيب يذكر من السوق العالمية. والهند التى لديها مصادر الثوريوم أكبر بكثير جداً من مصادرها من اليورانيوم، هى واحدة من الدول المستمرة فى تطوير دورة وقود الثوريوم. ويوجد الثوريوم فى القشرة الأرضية بوفرة تبلغ ثلاثة أضعافها بالنسبة لليورانيوم. ورغم أن التقديرات الراهنة لمخزونات الثوريوم، مزيداً عليها المصادر الإضافية، تبلغ فى مجموعها أكثر من ٤,٥ مليون طن فإن مثل هذه التقديرات تعتبر متحفظة للغاية نظراً لأنها لا تغطى كل المناطق فى العالم، كما أن الطلب الضعيف تاريخياً على الثوريوم فى السوق قد حدّ من التنقيب عنه واستكشافه.

■ الخصائص البيئية

لا توجد كيفية معينة لإنتاج الطاقة أو استخدامها دون تأثير بيئى، وذلك حقيقى لكل سلاسل الطاقة: من مصادر الاستخراج، وبناء المرافق اللازمة لمعاملتها، إلى نقل المنتجات خلال التحويل النهائى إلى خدمات طاقة نافعة. وتحدد التأثيرات البيئية الرئيسية المرتبطة بالقوى النووية والتنمية المستدامة فى الإشعاع، وتلوث الهواء، وابتعاثات غازات الدفيئة، والنفايات المشعة.

■ ابتعاثات غازات الدفيئة

واحدة من كبريات الاهتمامات بشأن التنمية المستدامة هى تجمع ثانى أكسيد الكربون CO₂ وغيره من غازات الدفيئة (GHGs) Greenhouse Gases فى الغلاف الجوى، واحتمال حدوث التغير المناخى لجو الأرض بما يندرج به من عواقب وخيمة. وغازات الدفيئة الرئيسية هى ثانى أكسيد الكربون CO₂، والميثان CH₄، وأكسيد النيتروز N₂O.

* (منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية / وكالة الطاقة النووية / الوكالة الدولية للطاقة الذرية ، ٢٠٠٦) .

وقد بقيت جميع هذه الغازات عند تركيزات ثابتة نسبياً في الجو حتى بداية عصر الثورة الصناعية الأولى حوالي عام ١٧٥٠ ، عندما بدأت تركيزات ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الزيادة في جو الأرض على نحو دراماتيكي .

وتبلغ التركيزات الحالية لثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي حوالي ٣٨٠ جزءاً في المليون (parts per million (ppm) ، وهي مستمرة في الزيادة، ولذا تتغيا الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة المعنية بتغير المناخ UNFCCC تثبيت تركيزات غازات الدفيئة "عند مستوى يتسنى بمقتضاه منع التداخل الأنثروبولوجي الخطير مع النظام المناخي" (UNFCCC ، ١٩٩٢).

ومن بين البدائل المتاحة لتوليد القوى الكهربائية تقف التكنولوجيات الموقدة بالمصادر الأحفورية (الفحم والنفط والغاز الطبيعي) بين أعلاها في معدلات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 لكل كيلووات ساعة، وهي تُكوّن غالبية انبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بإنتاج الطاقة. ويظهر الجدول رقم (٨) معدلات الانبعاثات لمجمل دورة الوقود بما في ذلك مرفق الكهرباء ذاته، وتصنيع المعدات، واستخراج المصادر، والنقل، والمعالجة والتحويل.

جدول رقم (٨) - معدلات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 لبدائل توليد القوى الكهربائية

التكنولوجيا	النوية	قوى الرياح	توليد قوى قنطرة	توليد الغاز	الكتلة الخفيفة	النوية	توليد قنطرة	توليد الغاز	القوة الكهربائية	بالغاز	بالنفط	بالغاز	بالنوية
معدل انبعاثات الكربون (جرام كربون مكافئ/ كيلووات ساعة)	١	٣	١	١٢	٢٠	٢٠	٢٠	٦٠	٦٠	١١٠	١٤٥	٢٢٠	٢٢٥
	٦	١٠	١٥	٢٠	٣٥	٥٠	٧٠	٧٠	٧٠	٢٢٠	٣٣٠	٣٥٠	٤٦٠

* التخزين: البطاريات/ المائية بالضخ، تخزين الهواء المضغوط، اقتناص الكربون وتخزينه.

المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠٠٦.

ويبتعث عن مجمل سلسلة القوى النووية، من استخراج المصدر النووي إلى التخلص النهائي من النفايات المتبقية، بما في ذلك تشييد المفاعل ومرفق الكهرباء، ١-٦ جرامات فقط من مكافئ الكربون لكل كيلووات ساعة (gCeq/kWh)، وهي تناظر تقريباً الانبعاثات الكربونية من التوليد الكهربائي بطاقة الرياح، والتوليد الهيدروكهربائي، شاملة في ذلك التشييد، وتصنيع المكونات. وتقلل التكنولوجيات الثلاثة في جملتها، مع القوى الشمسية solar power والكتلة الأحيائية biomass كثيراً جداً عن الفحم والنفط والغاز الطبيعي (٦٠-٤٦٠ جرام من مكافئ الكربون / كيلووات ساعة) حتى مع أخذ احتجاز الكربون وتخزينه في الحسبان .

ويوضح الجدول رقم (٨) أن تثبيت تركيزات ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوى سيتطلب انخفاضات جسيمة في الانبعاثات من محطات القوى الكهربائية الموقدة بالمصادر الأحفورية، إما بتقليص انبعاثاتها مباشرة، بالاستخدام الأكثر كفاءة للطاقة، أو بالاعتماد بشكل أكبر على التكنولوجيات المتجددة والقوى النووية.

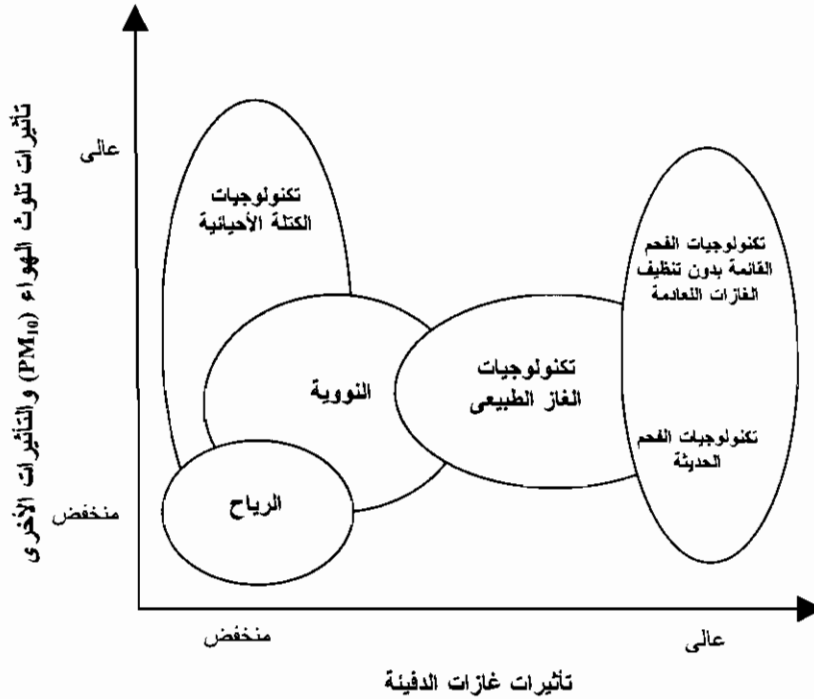
■ تلوث الهواء

لا يُبْتَعَث عن مفاعلات القوى النووية - بصفة جوهرية - أى من الملوثات لتقليدية للهواء المصاحبة لاحتراق الوقود الأحفوري، لاسيما ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وأكاسيد النيتروجين (NO_x)، والمواد الجزيئية العالقة (PM). ولا يُبْتَعَث عنها كذلك أية مكونات - ولو غير محسوسة - من المعادن الثقيلة Heavy Metals، كالزئبق والزرنيق المصاحبين لاحتراق الفحم.

ويساهم كل من ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين فى مرضانية البشر وفنائيتهم، كما يساهمان كذلك فى تقليص إنتاجية المحاصيل، حيث أنهما معا المسبب الرئيسى للأمطار الحمضية. وبدورها تدمر الأمطار الحمضية الغابات، والنظم البيئية الأوسع، والغلات الزراعية، ومواد البناء، والعمائر والأبنية المشيدة. وتعتبر أكاسيد النيتروجين هى طليعة الأوزون الأرضى ونذيره التى لها تأثيرات صحية مضافة. والمواد الجزيئية التى تُبْتَعَث على نحو مباشر، والتى تتكون كذلك فى الهواء نتيجة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين، تزيد على نحو مباشر فى مرضانية البشر وفنائيتهم .

ولقد تقلصت مستويات انبعاثات هذه الملوثات فى العقود الأخيرة من جراء التحسينات التكنولوجية ومن خلال اقتناص الانبعاثات الملوثة واحتجازها من غازات المداخن.

ويعطى المقياس الرأسى للشكل رقم (١) مقارنة كيفية (وصفية) للتكنولوجيات المختلفة المستخدمة حالياً فى الاتحاد الأوروبى European Union .

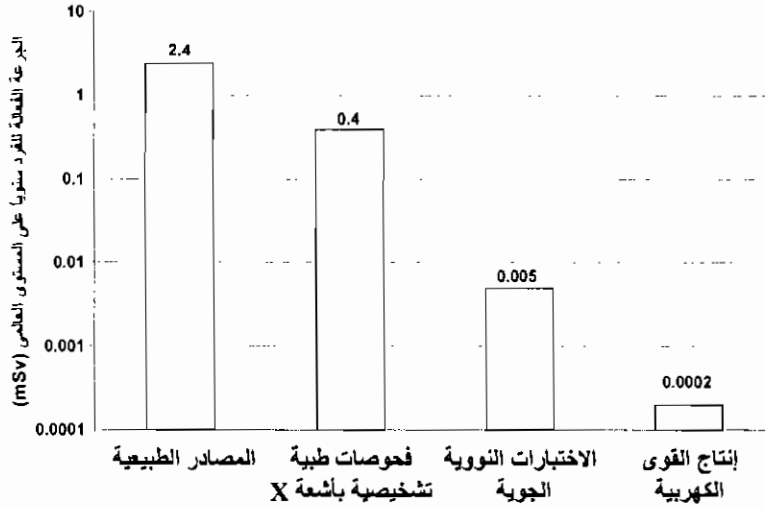


شكل رقم (١) - مقارنة نسبية للتأثيرات البيئية الناتجة عن إبتعاثات مختلف تكنولوجيات توليد القوى الكهربائية (الاتحاد الأوربي، ٢٠٠٣)

■ الإشعاع

يرتبط الإشعاع بمحطات القوى الكهربائية النووية والمحطات الكهربائية الموقدة بالفحم أو النفط أو الغاز أو حرارة جوف الأرض، فجميعها تستحضر المواد المشعة من القشرة الأرضية إلى سطحها. وتقدر وكالة حماية البيئة الأمريكية US-EPA أن يتلقى الشخص الذي يعيش في نطاق ٥٠ ميلاً من محطة لتوليد القوى الكهربائية تدار بوقود الفحم جرعة متوسطة مقدارها ٠,٣ ميكرو Sv، بينما يتلقى الشخص الذي يعيش في نطاق ٥٠ ميلاً من محطة لتوليد الكهرباء بالقوى النووية ما مقداره ٠,٠٩ ميكرو Sv، وكلاهما أقل بكثير من ألف مرة من متوسط الجرعة التي يتلقاها الناس في الولايات المتحدة الأمريكية من أشعة إكس X-rays والإجراءات الطبية الأخرى، وأقل بكثير من عشرة آلاف مرة من متوسط الجرعة التي يتم استقبالها من الإشعاع الطبيعي المحيط Natural Background Radiation .

ويعطى الشكل رقم (٢) مقارنة عالمية، استناداً إلى بيانات اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بتأثيرات الإشعاع الذري United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)، تبين، على مقياس لوغاريتمي، أن الجرعة المتوسطة للإشعاع الصادر عن إنتاج القوى الكهربائية النووية هي واحد على عشرة آلاف من الجرعة المناظرة الصادرة عن المصادر الطبيعية المحيطة Natural Background Radiation .



شكل رقم (٢) - متوسط الجرعة السنوية للفرد على نطاق العالم أجمع من الإشعاع الطبيعي والآنثروبوجيني (أي الإشعاع من صنع الإنسان) (مأخوذة عن UNSCEAR ، ٢٠٠٠)

وتشمل المصادر المحيطة الأشعة الكونية cosmic rays، والمواد المشعة الموجودة طبيعياً في الهواء (الرادون بصفة أساسية)، والطعام والماء (لاشتمالهما على البوتاسيوم). كذلك تتسبب الأنشطة البشرية على الأرض في تعرض إضافي للإشعاع، على الأخص بواسطة أشعة إكس الطبية medical X-rays (كما يتضح بالشكل رقم ٢)، والإجراءات المتعلقة بالطب النووي nuclear medical procedures. على أن العيش في بناء من الطوب أو الحجر أو الخرسانة، ومشاهدة التلفزيون أو استخدام الحاسب الآلي، والسفر على متن طائرة نفاثة، وارتداء ساعة يد مضيئة.. تضيف جميعها للجرعة. وعلى سبيل المثال .. تُقارَن الجرعة الجزئية من مكشاف الدخان المنزلي home smoke detector بتلك التي يمكن تلقيها من جراء العيش في نطاق ٥٠ ميلاً من محطة قوى كهربائية نووية .

و يتلقى العاملون في بعض الأشغال تعرضات مهنية إضافية، على سبيل المثال، في الأعمال الصناعية والطبية والبحثية حيثما يستخدم الإشعاع أو المواد المشعة في التعدين، وفي تشغيل محطات القوى النووية، وفي الطيران النفّاث على ارتفاعات هائلة بواسطة الطيارين وأطقم الطائرات. ويقارن المستوى المتوسط للتعرض المهني occupational exposure في مثل هذه الأشغال -في المعتاد- بمستوى المتوسط العالمي للتعرض الطبيعي للإشعاع natural radiation exposure .

ولا ينتج عن محطات القوى الكهربائية النووية من التأثيرات الصحية الخطيرة سوى ما يتسبب عن الحوادث الكبرى التي تسفر عن إطلاق الإشعاعات النووية، التي

كانت إحداها حادثة تشيرنوبيل الشهيرة عام ١٩٨٦. وقد تسببت حادثة تشيرنوبيل عن عيوب تصميمية جسيمة اقترنت بأخطاء تشغيلية فادحة. ولقد كانت حادثة كارثية دفعت ثمنها أرواح البشر، ونشرت المعاناة والتوجع والألم على نطاق واسع، لكنها دفعت، فى الوقت ذاته، نحو إحداث تغييرات كبرى، بما فيها تعميق أساسات "ثقافة الأمان" Safety Culture بالتحسينات المتواصلة، والتحليل الشامل المتعمق للخبرة المتحصلة، والتشارك فى أفضل الممارسات best practices القائمة. ولقد تأسست الرابطة العالمية للمشغلين النوويين World Association of Nuclear Operators (WANO) على أثر تشيرنوبيل، كما كوَّنت الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA المجموعة الاستشارية الدولية للأمان النووى International Nuclear Safety Advisory Group وتساعد كلتاهما فى نشر أفضل الممارسات، وتضييق (تشديد) إماميات الأمان، وترسيخ ثقافة الأمان فى محطات القوى النووية حول العالم. كذلك فالاجتماعات الدورية لنظام وضع تقارير الأعراض الطارئة للوكالة الدولية للطاقة الذرية ووكالة الطاقة النووية التابعة لدول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية IAEA-OECD/NEA - حيثما تناقش الأحداث الطارئة الراهنة أو المحتمل حدوثها وتحلل تفصيلاً - هى جزء آخر من هذه العملية العالمية لتبادل الخبرات. وتسعى الاتفاقية المعنية بالأمان النووى Convention on Nuclear Safety كذلك إلى تجميع الدول معاً لوضع تقارير حول الكيفية التى يمكن لكل منها أن ترقى بواسطتها إلى مستوى الالتزامات الواجبة للأمان وتتعايش معها، كما تسعى أيضاً لنقد وتحليل تقارير الآخرين.

هذه التبادلات الدولية لخبرات التشغيل، على الأخص الانتشار الواسع "للدروس المستفادة" lessons learned هى أقسام جوهرية من الحفاظ على التشغيل الآمن لمحطات القوى النووية وتقويته. وهناك شواهد تجريبية قوية على أن التعلم من الخبرة التشغيلية لمحطات القوى النووية قد قاد -وهو مستمر فى القيادة- إلى تحسينات جمة فى أمان المفاعلات. وهذه الثقافة الأمانية ما فتئت تدلل على فعاليتها طوال ما يقرب من عقدين من الزمان. وإنه لذلك هو سجل الأمان الذى يزود بالأساس المتين تلك الدول التى تضع فى اعتبارها حالياً تشييد محطات جديدة للقوى النووية.

■ التلخيص الآجل من النفايات

رُخِّصَت المستودعات النهائية للنفايات ذات المستوى الإشعاعى الخفيض low level radioactive waste الصادرة عن محطات القوى النووية، والمتخلقة عن التطبيقات الطبية والبحثية وغيرها -وهى فى التشغيل الفعلى حالياً- فى عديد من الدول.. غير أنه لا يوجد مستودع فى التشغيل الفعلى للتخلص النهائى من النفايات ذات المستوى الإشعاعى العالى High Level Waste (HLW) الصادرة عن المحطات المدنية للقوى النووية، رغم اتفاق المجتمعات العلمية والتقنية عموماً على أن مثال

هذه النفايات يمكن التخلص منها على نحو آمن فى التكوينات الجيولوجية المستقرة Stable Geological Formations. وهناك مستودع جيولوجى واحد فى الخدمة للتخلص من النفايات ذات العدد الذرى أعلى من اليورانيوم طويلة البقاء المتولدة عن البحوث وإنتاج الأسلحة النووية، وتقع المحطة الريادية لعزل النفايات فى نيومكسيكو بالولايات المتحدة الأمريكية.

وتعاد معاملة الوقود المستنفذ الناتج عن محطات القوى النووية التى فى التشغيل الفعلى حالياً أو يتم تخزينه. وتعتمد إعادة المعاملة إلى استخلاص كل من اليورانيوم والبلوتونيوم القابلين للاستخدام من الوقود المستنفذ لاستخدامهما فى وقود جديد، وما يتبقى هو النفايات ذات المستوى الإشعاعى العالى (HLW) التى تخزن حالياً توطئة للتخلص النهائى. وتعيد كل من الصين وفرنسا والهند واليابان والاتحاد الروسى معاملة معظم وقودها المستنفذ، بينما اختارت كل من كندا وفنلندا والسويد الولايات المتحدة الأمريكية البديل ذى التخلص المباشر من الوقود المستنفذ كنفايات ذات مستوى إشعاعى عالى، وذلك رغم أن الولايات المتحدة الأمريكية قد اقترحت وخرأ مدخلا ثالثاً يتم بمقتضاه إعادة تدوير الوقود المستنفذ ليس لاستخلاص اليورانيوم والبلوتونيوم اللذين يمكن استخدامهما ولكن لحرق البلوتونيوم توأ ونقلص حجم وسمية النفايات التى تتطلب تخلصاً دائماً باقياً مستقراً. أما الدول التى لم تعتمد بعد إلى اختيار استراتيجيتها بشأن التخلص من النفايات المشعة فهى تقوم حالياً بتخزين الوقود المستنفذ، ومسايرة التطورات المرتبطة بالبدائل كافة.

ويوجد حالياً ما يربو على نصف قرن من الخبرة والتجربة مع تكنولوجيا تخزين الوقود المستنفذ. وتعتبر كمية الوقود المستنفذ صغيرة نسبياً؛ فالوقود المستنفذ المنتج فى سنة واحدة بواسطة جميع المفاعلات الشغالة فى العالم ربما لا يغطى سوى ملعب كرة قدم لعمق لا يتجاوز ١,٥ متر. ومن اليسير نسبياً إضافة قدرة تخزينية مزيدة، ولذا فليس هنالك سبب تقنى قوى للتعجيل بابتداع وتشغيل مستودع جيولوجى عميق. ولقد تكون هنالك أسباب سياسية ومعنوية جيدة لفعل ذلك، بيد أن التخزين يعنى أن السياسيين والجمهور لديهم الوقت لجدل لا ينقطع ولسبر غور الحل الأكثر تفضيلاً وتحديد له لكل دولة. وحيثما يكون مقبولا سياسياً يمكن النظر إلى التخلص تعددى الأوطان من النفايات المشعة بوصفه خياراً أكثر فعالية من حيث التكلفة على نحو محتمل، على الأخص للدول الصغيرة ذات البرامج النووية الخفيفة ومواقع الاستيداع المحدودة .

ولقد أحرزت برامج التخزين الفنلندية والسويدية والأمريكية أكبر تقدم حتى الآن لكن أحداً من غير المحتمل أن يكون لديه مستودع نفايات نووية فى التشغيل الفعلى قبل عام ٢٠٢٠ بكثير، فكل من هذه البرامج قد صممت لتعزل النفايات عن البيئة المحيطة عن طريق سلسلة من الحواجز المصممة هندسياً، والطبيعية، على نحو ما

يتضح فى البرنامج السويدى؛ فالغلاف أو الحاجز الأول هو بيت أو رَجم النفايات وحزمة النفايات الأولية (كريات الوقود الصلبة فى الحالة السويدية، وغلاف أو كسوة قضييب الوقود)، والغلاف الثانى هو حواجز إضافية مشكلة هندسياً (علب نحاسية محكمة الغلق بحشوات حديدية مصبوبة ملفوفة بطينة خزفية تغلفها من جوانبها كافة)، أما الغلاف الثالث فهو التشكيل الجيولوجى المضيف (صخر القاع المتبلور فى حالة السويد) المختار لاستقرارية جيولوجية مؤكدة على مدى مئات الملايين من السنين، وخصائص جيوكيميائية مواتية (محبذة)، وحركية مياه محدودة.

والواقع أن تصريف النفايات النووية هو مجال ترتاد فيه القوى النووية عموماً البدائل والمرادفات. كذلك فالنفايات النووية صغيرة فى حجمها تُحَجَزُ بإحكام وتُراقب عن كثب، على خلاف النفايات الصلبة والسامة المتخلفة عن سلاسل الوقود الأخرى. يضاف إلى ذلك أن تكلفة احتواء وتخزين وتصريف النفايات النووية مشمولة فى غالبية الدول فى سعر الكهرباء المولدة. وتتضمن هذه النفقات المستدخلة تكلفة إدارة النفايات، وتصريفها فى مستودعات تخزين طويلة المدى، وكذا تكهين المحطة فى نهاية عمرها التشغيلى.

الفصل الخامس

الانتشارية النووية وأمن المواد النووية

■ نظام حظر الانتشار النووي

سبق الأسلحة النووية استخدام القوى النووية لنفع الحياة المدنية، ولأجل ذلك اقترح الرئيس الأمريكى دوايت إيزنهاور عام ١٩٥٣ إنشاء وكالة دولية للأنشطة النووية، وحفز الدعم العالمى للمساعدة فى نشر الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية حتى يتسنى للدول الراغبة فى احتياز الخبرات النووية للأغراض السلمية ألا يعتورها الشعور بأنها مجبرة أو مكرهة على اتباع مسار "الأسلحة أولاً" الذى اقتفى أثره الرواد النوويون.

وأعقب ذلك بثلاثة أعوام تأسيس الوكالة الدولية للطاقة الذرية International Atomic Energy Agency (IAEA) "لإسراع بمساهمة العالم أجمع". وينص القانون (النظام الأساسى) المنشئ للوكالة الدولية للطاقة الذرية كذلك على منحها سلطة تأسيس "حمانيات" (وقائيات) للمواد النووية "لدى طلب الأطراف، لأية ترتيبات ثنائية أو جماعية". والترتيب الجماعى الرئيسى الذى تطبق الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأنه السياسات الوقائية هو اتفاقية عام ١٩٧٠ لحظر انتشار الأسلحة النووية The 1970 Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) المعروفة اختصاراً "باتفاقية حظر الانتشار النووي".

وحتى اليوم أحرزت هذه الاتفاقية نجاحاً مشهوداً فى الحد من انتشار الأسلحة النووية، ولا تزال فى بؤرة النظام العالمى للانتشارية النووية، الذى يتكون من:

- اتفاقية حظر الانتشار النووي، فضلاً عن الاتفاقات الحمائية (الوقائية) الشاملة للوكالة الدولية للطاقة الذرية، والبروتوكولات المضافة لها منذ عام ١٩٩٧، التى تدعم رقابة الوكالة الدولية للطاقة الذرية على المواد المرجحة غير المعلنة كموايد نووية.
- إجراءات الفحص والمراجعة والتحقق الدولى (النظام الحمايى للوكالة الدولية للطاقة الذرية مضافاً إليه الاتفاقات الإقليمية والثنائية).
- أحكام وقواعد التحكم فى تصدير المواد النووية، والإمكانات النوعية الخاصة، والمعدات، والمواد الأخرى.
- الإجراءات القومية للحماية الفيزيائية، وإجراءات احتساب وإحكام (ضبط) المواد.

على أن تخوفات الانتشار النووي قد بلغت عيانية ظاهرة خلال السنوات الأخيرة القليلة، أولاً: مع تصاعد التوقعات بشأن اللجوء -على نحو واسع- للقوى النووية حذرت الانتقادات التي ثارت من المخاطر المتزايدة المحتملة للانتشار النووي كذريعة للمضى ببطء في هذا السبيل أو التوقف عنه على الإطلاق. وثانياً: مع ذيوع الإفشاءات المتواترة في السنوات الأخيرة القليلة بشأن الأنشطة غير المعلنة لتخصيب اليورانيوم، وإعادة معاملة الوقود المستنفد، واكتشاف وجود سوق دولية محرمة وممنوعة شرعاً (سوق سوداء) للتكنولوجيات النووية الحساسة، زادت هذه التخوفات الوعى بمخاطر الانتشار النووي المرتبط خاصة بالأجزاء الحساسة من دورة الوقود النووي.

وفي المؤتمر الذى عقدته الوكالة الدولية للطاقة الذرية عام ٢٠٠٥ لمراجعة اتفاقية حظر الانتشار النووي اقترح الدكتور محمد البرادعى مدير عام الوكالة سبع خطوات لدعم وتقوية النظام الدولى لحظر الانتشار النووي^(٥). ولاتعلق ست من هذه الخطوات السبع بالقوى النووية (أى بمحطات توليد الكهرباء) ولا تشير إليها من قريب أو بعيد - فهى ليست مصدراً رئيسياً لحظر الانتشار النووي. والوحيدة من هذه الخطوات السبع التى تعالج القوى النووية تقترح تحكماً أضيق وضبطاً أحكم للعناصر الحساسة للانتشار النووي من دورة الوقود النووي، على الأخص التخصيب Enrichment وإعادة المعاملة Reprocessing، فى الوقت الذى يتعين فيه تأكيد إمدادات الوقود النووي للاستخدامات السلمية. وفى عام ٢٠٠٥ رفعت مجموعة خبراء Expert Group تعينت من قبل مدير عام الوكالة الدولية للطاقة الذرية تقريرها بشأن المداخل الممكنة تعددية الأطراف للأجزاء الحساسة للانتشار النووي من دورة الوقود النووي (IAEA, 2005b)، ويتم حالياً استطلاع المبادرات فى هذا السبيل بواسطة العديد من الحكومات والمنظمات الدولية.

وعلى ذلك، وبرغم النجاح الذى حققته اتفاقية حظر الانتشار النووي والنظام الحمايى للوكالة الدولية للطاقة الذرية، تظل المخاطر الجارية للانتشار النووي على قدر كبير من الجد والخطورة، ويتحتم على العالم أن يتخذ ما يلزم من إجراءات حيالها على غرار الخطوات التى أعلنت بواسطة المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية فى المؤتمر العالمى لمراجعة اتفاقية حظر الانتشار النووي عام ٢٠٠٥، لتقليص أمثال هذه المخاطر. ومن الجوهرى كذلك إدراك أن القوى النووية (أى الكهرباء النووية) ليست مساهماً رئيسياً فى مخاطر الانتشار النووي، وأن وقف التوسع فى القوى النووية، أو عكسه، سوف لا يقلل على نحو مدرك أمثال هذه المخاطر.

(٥) الخطوات السبع المقترحة هى: إعادة تأكيد هدف إزالة الأسلحة النووية؛ تقوية سلطة التحقق لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية؛ تأسيس ضبط وتحكم أفضل فى انتشار الأجزاء الحساسة من دورة الوقود النووي؛ تأمين وإحكام (ضبط) المواد النووية (أى تقوية ودعم الاتفاقية المعنية بالحماية الفيزيائية للمواد النووية، وتقليص اليورانيوم عالى التخصيب فى الاستخدامات المدنية)؛ إظهار الالتزام بنزع التسلح النووي؛ دعم وتقوية اتفاقية حظر الانتشار النووي بشأن آلية انعدام الإذعان؛ معالجة المخاوف الأمنية الفعلية للدول.

■ أمن المواد النووية

دفع هجوم الحادى عشر من سبتمبر ٢٠٠١، وما تلاه من هجمات فى أسبانيا وإندونيسيا والاتحاد الروسى وإنجلترا وغيرها، بالولايات المتحدة الأمريكية إلى الغوص فى إعادة تقييم دراماتيكي لمخاطر الإرهاب على جميع المواقع الحساسة- المراكز الحضرية، والمجمعات الصناعية، والموانئ، ومصافى النفط، والسفر بالجو والسكك الحديدية، والمرافق النووية.

فلقد ركزت هذه الأحداث المدمرة المربعة انتباهاً مضاعفاً على مقتضيات الأمن النووى - أى القدرة على التحكم فى المواد النووية والمواد المشعة الأخرى والمنشآت والمنقولات النووية وحمايتها كافة - تجاه الإرهاب والأفعال غير الشرعية الأخرى (IAEA ، 2004). وقد انتهت التقييمات التى أجريت لأمن محطات القوى النووية إلى أن المحطات النووية وباقى مرافق دورة الوقود النووى قد صممت لتقاوم الكوارث الطبيعية كالزلازل والفيضانات والأعاصير والزوابع وتصمد لها. والهجمات الإرهابية التى تتضمن التفجيرات والنيرون قد تكون منازرة لأمثال هذه الأحداث الخارجية فى تضميناتها التدميرية وإطلاق الفعالية الإشعاعية (MIT ، 2003). بيّد أن المباني الحاوية للمفاعلات النووية والأبنية الأخرى بمحطة القوى النووية هى، بطبيعة تصميمها، موانع كبرى مقسّاة يمكنها مقاومة الهجوم الإرهابى على وجه الخصوص. وقد خلص تقييم أجرى بواسطة معهد بحوث القوى الكهربائية Electric Power Research Institute (EPRI) بالولايات المتحدة الأمريكية لاصطدام طائرة بمحطة قوى نووية إلى أن الحاويات النووية بالولايات المتحدة الأمريكية قد لا تنكسر أو تفتح فيها ثغرة من جراء مثل هذا الهجوم (NEI، 2006a). كذلك أجرت مفتشية الأمان النووى السويسرية Switzerland's Nuclear Safety Inspectorate سيناريو مشابهاً وأثبتت فى تقريرها عام ٢٠٠٣ أن الخطر بشأن أية إطلاقات إشعاعية سيكون ضئيلاً فيما يتعلق بالمحطات المتقدمة، وضئيلاً إلى أبعد الحدود بالنسبة للمحطات الجديدة (UIC ، 2006).

ويمثل ذلك أن متانة ومقاومة التشييد الهندسى للمرافق النووية، والأمن الخصوصى للحماية من الدخول غير المصرح به أو الدخول بالقوة، والمتطلبات التنظيمية والمعارية التى يتعين أن تصمم المحطات وفقاً لأحكامها لتقاوم "تهديدات الأساس التصميمى" من التهجم والعنف والتخريب الاحتجاجى أو الانتقامى، تعنى جميعها أن أى هجوم من داخل المحطة سيكون من غير المحتمل إلى حد بعيد أن يسفر عن إطلاق ذى مغزى للفعالية الإشعاعية. وقد خلص اختبار لأمن المفاعلات أجرى عام ٢٠٠٢ بواسطة المركز الأمريكى للدراسات الدولية الاستراتيجية US Center for Strategic International Studies إلى أن محطات القوى النووية هى على نحو جلى هدف أقل جاذبية للإرهابيين بسبب إجراءات الأمن الاضطرابى المشدد الصارم العنيف المطبقة بالفعل (NEI - 2006 b - NEI - 2006 c).

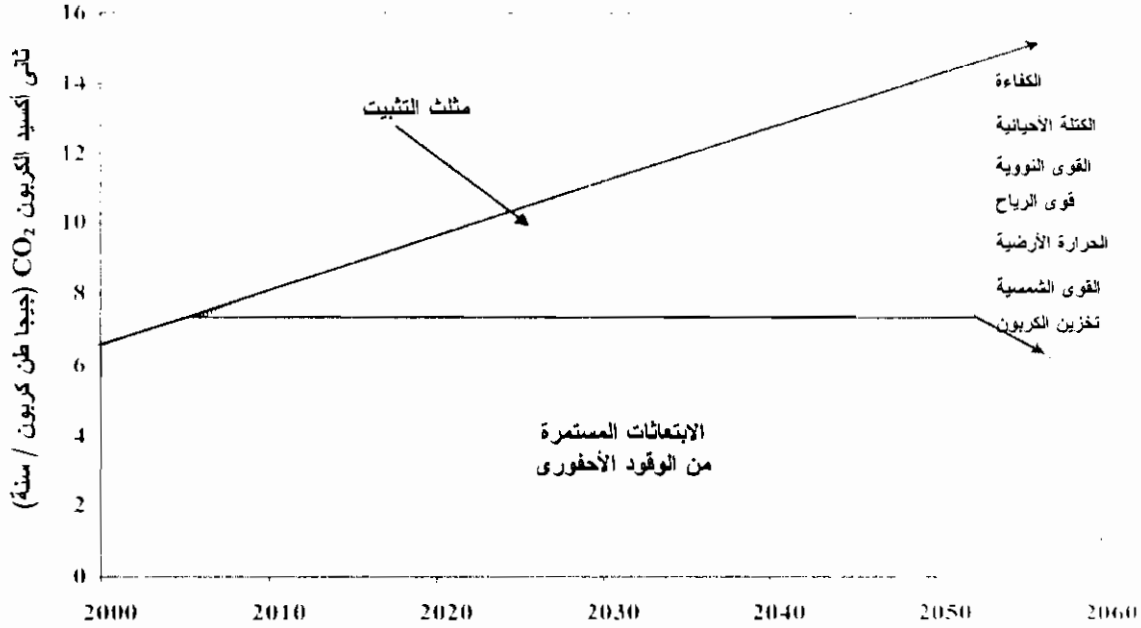
الفصل السادس

الخيارات السياسية والتغير التكنولوجي

■ خيارات سياسية لتثبيت تركيزات غازات الدفيئة

أحد مظان التفكير المنهجي المنظم في سياسات تثبيت تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوى هو ما يتعلق بمفهوم "أوتاد التثبيت" Stabilization Wedges على نحو ما وصفه "باكالا" و "سوكولو" Pacala and Socolow عام ٢٠٠٤ كما يظهر في الشكل رقم (٣) والصندوق رقم (٢). ففي الشكل رقم (٣) يتبدى الفارق بين ابتعاثات ثنائي أكسيد الكربون المتصاعدة وفقاً لسيناريو "الحالة المعتادة" business-as-usual والابتعاثات المثبتة بمقتضى "مثلث التثبيت" stabilization triangle. ويتألف المثلث من "أوتاد تثبيت" تمثل مختلف السياسات التي تتجه نحو هدف التثبيت. وتشدد هذه الهيكلية على أن التثبيت يتطلب، على الأرجح، سياسات عديدة تعمل مترابطة أو متضافرة معاً. فليست توجد سياسة وحيدة لتنهض بحل المشكلة على إنفراد. وينتظر أن يعتمد الحجم الكامن "size" potential لكل وتد wedge على الظروف المحلية والفرص المتاحة – أى إتاحة الطاقات المتجددة (المتجددات) والقوى النووية؛ والفرص القائمة والمرجحة لتحسينات الكفاءة؛ والاستخدام الأكثر رشاداً للطاقة؛ وإمكانات احتجاز الكربون وتخزينه.

ويخصص الصندوق رقم (٢) السياسات المرتبطة بالطاقة التى تعينت بوصفها مساهماً رئيسياً فى تقليص الابتعاثات الكربونية، وهى يمكن تجميعها فى فئات ثلاث: إجراءات كفاءة الطاقة لتقليل استخدام الطاقة على نحو مباشر؛ والتحول عن استخدام الوقود، على الأخص من الفحم إلى الغاز الطبيعى والقوى النووية والمتجددات؛ واحتجاز الكربون المبعث حالياً من تكنولوجيات الوقود الأحفورى السائدة وتخزينه. وفيما يلي مناقشة موجزة لكل من هذه الفئات.



شكل رقم (٣) - مفهوم أوتاد تثبيت ثاني أكسيد الكربون
(مقتبس من باكالا وسوكولو، ٢٠٠٤)

صندوق رقم 2 - الخيارات الكامنة لخفض الكربون

- **كفاءة الطاقة والاستخدام الرشيد لها:**
 - خفض كثافة الكربون (الانبعاثات/ الناتج المحلي الإجمالي) في مجمل الاقتصاد.
 - وسائل النقل والمركبات ذات الكفاءة العالية.
 - الاستخدام المحدود للمركبات.
 - المباني ذات الكفاءة العالية.
 - المحطات الكهربائية الكفاء الموقدة بالفحم لمجابهة حمل الأساس.
- **التحول عن نوعية الوقود:**
 - إحلال القوى الكهربائية بالفاز الطبيعي لحمل الأساس محل القوى الكهربائية بالفحم.
- **احتجاز الكربون وتخزينه:**
 - احتجاز ثاني أكسيد الكربون من محطات قوى حمل الأساس.
 - احتجاز ثاني أكسيد الكربون من محطات إنتاج الهيدروجين.
 - احتجاز ثاني أكسيد الكربون من محطات تحويل الفحم إلى وقود مخلق.
 - التخزين الجيولوجي.

(تابع) صندوق رقم 2 - الخيارات الكامنة لخفض الكربون

- الإشتراط النووي:
 - إحلال القوى النووية محل قوى الفحم.
- الكهرباء والأنواع المتجددة من الوقود:
 - قوى الرياح محل قوى الفحم.
 - قوى الفوتوفلطيات محل قوى الفحم.
 - هيدروجين الرياح فى السيارات المدارة بخلايا الوقود محل الجازولين فى السيارات المزيجة.
 - وقود الكتلة الأحيائية محل الوقود الأحفوري.

■ كفاءة الطاقة وترشيدها

ساهمت تحسينات كفاءة الطاقة على نحو كبير فى تقليص الابتعاثات الكربونية، فقد انحدرت كثافة الطاقة لاقتصادات دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية من ٠,٣١ طن مكافئ نفط/ ١٠٠٠ دولار عام ١٩٧٣ إلى ٠,٢٠ طن مكافئ نفط/ ١٠٠٠ دولار عام ٢٠٠٣، ويرجع ذلك جزئياً إلى إعادة الهيكلة الاقتصادية (الارتحال من التصنيع إلى خدمات أقل كثافة للطاقة)، لكن قدراً كبيراً منه يعود إلى تحسينات الكفاءة على أعقاب صدمات النفط الكبرى خلال السبعينيات. وعلى النطاق العالمى تزيد كثافة الطاقة على نظيرتها فى دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية بيد أنها انخفضت كذلك منذ عقد الثمانينيات من حوالى ٠,٤٥ إلى حوالى ٠,٣٢٥ طن مكافئ نفط / ١٠٠٠ دولار من الناتج المحلى الإجمالى. ومع ذلك لا تزال توجد فرص جوهرية لتحسينات أعمق فى كثافة الطاقة يتسنى من خلالها تحقيق خفض مستقبلى فى ابتعاثات غازات الدفينة. ويشدد مجلس الطاقة العالمى (World Energy Council (WEC، ومعه العديد من مراكز بحوث الطاقة فى العالم، على الأهمية الكبرى للتحسينات الإضافية فى كفاءة الطاقة لأجل التنمية المستدامة.

على أن تحسينات الكفاءة-على الجانب الآخر- قد قلّصت من الإمكانيات التى يمكن أن توجه لأولئك الذين يعانون "فقر الطاقة" energy poverty، فهم لا يستطيعون أن يستخدموا كهرباء أقل إذا لم يكن لديهم شيئاً يبدأون به، و"وصل غير المتصلين"، كأولوية مسلم بها للتنمية المستدامة، سيزيد بالضرورة من استخدامهم للطاقة. غير أن الأمل لا يزال معقوداً على أن تفوز التنمية فى الأخذ بميزة الفرص المولدة من خلال الوثبات التكنولوجية (ومثالها فى غير مجال الطاقة هو شبكات التليفون المحمول) فتمكن الدول النامية بالتالى من القفز عبر العديد من المراحل التكنولوجية الأقل كفاءة التى اختبرتها الدول الصناعية لعالم اليوم، وأن تفوز التنمية كذلك فى

الأخذ بالمزايا الحاضرة للتكنولوجيات والتصميمات والإمكانات الكفاء المحدثه للمجتمع بما فيها وتخطيط مجالات وأمكنة الإنتاج والأعمال .

■ ترجيل مزيج الطاقة إلى نوعيات الوقود الأقل تكتيفاً للكربون

ساعد النمو الأسرع كذلك في نوعيات الوقود الأقل تكتيفاً للكربون less carbon intensive على تجنب زيادات كبيرة في الإبتعاثات الكربونية، وبعض هذا بسبب التحول عن بعض نوعيات الوقود fuel switching، غير أن الكثير من النمو الأسرع في أنواع الوقود الأقل تكتيفاً للكربون جاء نتيجة الاستثمارات الجديدة في هذا الاتجاه. ورغم ذلك فالمنحى الكلى العالمى بطيء وليس متوافقاً ولا ثابتاً عبر مناطق العالم المختلفة. ففي دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية انخفضت كثافة الكربون للطاقة الأولية بنسبة ١٦% خلال الفترة من عام ١٩٧١ حتى عام ٢٠٠٢، وذلك بمتوسط تقليص سنوى بلغ ٠,٥٦% فقط (IEA، ٢٠٠٤)، وانخفضت في الدول ذات الاقتصادات الانتقالية بنسبة ١٤% خلال الفترة الزمنية ذاتها، لكنها زادت في الدول النامية بنسبة ٣٢%. ولكون الدول الصناعية تحتاز النصيب الأكبر من الاستخدام العالمى للطاقة استمر التغير الكربونى الإجمالى العالمى فيما بين ١٩٧١ و ٢٠٠٢ في اتجاه الخفض، لكنه الخفض الذى لم يتجاوز في مجمله ١٠% فقط، أو لم يتعد متوسطه السنوى ٠,٣٣% فقط. على أن عديداً من الفرص لا تزال قائمة للتحول عن الوقود المكثف للكربون، وتعزيز النمو الأسرع فى استخدام التكنولوجيات خفيفة الكربون كالمتجددات والقوى النووية. على أن محدداً قسرياً ضاغطاً واحداً مهماً يتبدى في هذا السياق ألا وهو قطاع النقل الذى يتوقع له أن ينمو، على الخصوص، على نحو سريع في الدول النامية الكبيرة كالصين والهند. وتتج القوى المائية، وقوى الرياح والشمس، والقوى النووية حالياً الكهرباء فقط، حيث لا تغطى الكهرباء سوى أقل من ١% من احتياجات قطاع النقل العالمى من الطاقة (EIA، ٢٠٠٥). وحتى يمكن لهذه التكنولوجيات أن تساهم على نحو جوهري في تقليص الإبتعاثات الكربونية المستقبلية الصادرة عن قطاع النقل، فإن تحسينات جسيمة ستكون مطلوبة سواء في المركبات الكهربائية والمزيج أو في مركبات خلايا الوقود التى تستخدم الهيدروجين وأنواع الوقود المخلوق الأخرى خفيفة الكربون المنتجة بواسطة المتجددات والقوى النووية.

■ احتجاز الكربون وتخزينه

خلص تقرير خاص بشأن احتجاز ثانى أكسيد الكربون CO₂ وتخزينه (IPCC، ٢٠٠٥) إلى أن هذا الخيار من الممكن أن يساهم على نحو رئيسى في خفض إبتعاثات الكربون. فتكنولوجيات "الاحتراق القبلى" (أو المتقدم) Pre-combustion و"الاحتراق البعدى" (أو المتأخر) Post-combustion لاقتناص ثانى أكسيد الكربون هى بالفعل مجدية اقتصادياً economically feasible تحت ظروف معينة، وهى حالياً تحت الاستخدام الفعلى. وتخزين ثانى أكسيد الكربون في حقول النفط والغاز

العميقة، وفي التكوينات الجيولوجية الملحية، هو كذلك مجد اقتصادياً بمشارطات خاصة. وفي المقابل لا يزال التخزين المحيطي وتأثيراته الإيكولوجية في مرحلة البحث العلمي، كما في حالة التخزين خلال تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الأكاسيد المعدنية metal oxides لإنتاج كربونات carbonates مستقرة قابلة للتصريف النهائي.

وتكمن الفرصة الكبرى لاحتجاز الكربون وتخزينه -كي يساهم على نحو فعال في تخفيف التغير المناخي- في قطاع القوى الكهربائية. وترتئي الدراسات التي جرى تقييمها في تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) أن أسعار ثاني أكسيد الكربون المحتجز في حدود تقريبية بين ٢٥-٣٠ دولاراً للطن قد تبتدع حوافز جاذبة لانتشار هذا الخيار المهم على نحو واسع. وقدّر الإمكان التقني technical potential لتخزين الكربون على اتساع العالم بحوالي ٢٠٠٠ جيجا طن* من ثاني أكسيد الكربون (٥٤٥ جيجا طن كربون) على أقل تقدير للوسع التخزيني في التكوينات الجيولوجية. ويقارن ذلك بالانبعاثات المرتبطة بالطاقة في العالم الآن التي تبلغ في إجماليها حوالي ٦,٤ جيجا طن كربون سنوياً، منها حوالي ٢,٩ جيجا طن ترتبط أصلاً بتوليد الكهرباء.

أما الكمون (أو الإمكان) الاقتصادي economic potential فهو بالضرورة أقل من الإمكان التقني، ومن بين أسبابه العديدة لدواعي الاعتبارات البيئية، فرص التخزين في المواضع غير الميسرة، والصعوبة العملية المرتبطة باقتناص الكربون من مصادر عديدة ومتفرقة - على سبيل المثال من الأنابيب الخلفية للمركبات السيارة (الأوتوموبيلات). ورغم ذلك ففي كل السيناريوهات التي أجريت بشأن تثبيت تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، التي تم فحصها ومراجعتها لدى إعداد تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، أسفر تضمين محفظة تخفيف الانبعاثات الكربونية خيار احتجاز الكربون وتخزينه عن خفض تكاليف تثبيت تركيزات ثاني أكسيد الكربون بمقدار ٣٠% أو أكثر على مرّ القرن الحادي والعشرين.

التغير التكنولوجي

يقدم القرن الحادي والعشرين وعداً بأكثر الأسواق انفتاحاً وتنافسية وعولمية في التاريخ الإنساني كله.. وبأسرع مسيرة للتغيرية التكنولوجية قاطبة. فإذا ما تعين على التكنولوجيا أن تبقى وتزهو في هذا القرن تصبح التجديدية المستمرة عندئذ أمراً جوهرياً. ولذا فتكنولوجيا الإمداد بالطاقة (من التفتيق عن النفط إلى الخلايا الشمسية)، وتكنولوجيا نقل وتوزيع الطاقة، وتكنولوجيا الاستخدام النهائي للطاقة، يتوقع لها جميعاً أن تتحسن على نحو جوهري.

* جيجا طن = ألف مليون طن

ويبدو من الأرجح أن يعاني القسم الأعظم من المفاعلات النووية الجديدة في المدى القريب تحسينات ارتقائية في التصميمات الراهنة. أما في المدى البعيد فالتصميمات الأكثر تجددية التي تتطوى على تغيرات راديكالية في الوقت ذاته -وتقدم وعداً باهراً بأزمة تشييد أقصر إلى حد بعيد وتكاليف رأسمالية أقل كثيراً- قد تساعد في توطيد أركان عصر جديد للقوى النووية. وهناك بالفعل الآن عدة تصميمات تجددية في المدى الصغير (أقل من ٣٠٠ ميجاوات) إلى المتوسط (٣٠٠ إلى ٧٠٠ ميجاوات) من مفاعلات القوى. وكما تمت الإشارة إليه فيما يلي بعد ربما تكون مثال هذه التصميمات جاذبة لدخول القوى النووية إلى الدول النامية ووصولها للأمكنة البعيدة .

وتلتمس التصميمات المتقدمة تحسيناتها الراهنة في مجالات ثلاثة رئيسية:

١. فيما يتعلق بالتخفيضات المنتظرة في التكلفة، تؤكد بعض التصميمات على التطويرات الإضافية للاستراتيجيات المبرهنة أو المجربة، أي إحراز اقتصاديات الحجم economies of scale من خلال الوحدات الأكبر، والجداول الزمنية الأقصر للتشييد باستخدام النظم الموديولية أو المنمطة، ومعالجة قضايا الترخيص مبكراً، والتقييس standardization، والتشييد في سلاسل متتابعة، والبناء متعدد الوحدات، وتقوية المشاركة المحلية.

وتؤكد تصميمات أخرى على استراتيجيات التقليل الجديد (أو المضاف) للتكلفة، بما في ذلك اقتصاديات الإنتاج التسلسلي economies of series، وتعزيز دقة الأكواد accuracy of codes وقواعد البيانات للتخلص من الإفراط التصميمي، وتطوير مكونات "ذكية" "smart" components للكشف عن الصدوع الابتدائية (في مهدها)، وتقليل الاعتماد على التزيدات التصميمية والتعددية المكلفة، والإفادة باستخدام أكبر لنظم الأمان السالبة passive safety systems، والتطوير الأعمق لتحليلات الأمان الأرجحية (الاحتمالية) probabilistic safety analysis التي تدعم تبسيط محطة القوى plant simplification، واتخاذ القرارات التنظيمية المفعة بالمعلوماتية عن مظان المخاطر ومعالجتها، واستخدام مكونات أقل من تلك التي تتطلب إماميات الدرجة (الرتبة) النووية nuclear grade standards، وإحراز كفاءات حرارية أعلى.

٢. تتضمن تعزيزات الأمان مستودعات مائية ضخمة (في حالات المفاعلات المبردة بالماء)، وكثافات أقل للقوى الكهربائية، ومعاملات مفاعلية* سالبة large negative reactivity coefficients، ونظم أمان تزيديية

* مفاعلية reactivity = قياس مدى ابتعاد المفاعل النووي عن القيم الحرجة.

ومتنوعة redundant and diverse ذات عولية عالية مبرهنة ومجربة، ونظم تبريد وتكثيف سالبية passive cooling and condensing systems.

٣. وتغطي معاوقة الانتشار النووي الإجراءات الذاتية الجوهرية المتضمنة فى مختلف التصميمات المتقدمة فيما يتعلق بالتكوين الكيميائى للمادة النووية - كتلتها وحجمها، مجالها الإشعاعى، تولد الحرارة منها، ومعدل الإنتاج الذاتى التلقائى للنيوترونات، ودرجة تعقد التعديلات أو التحويلات أو التكيفات اللازمة لاستخدام مرفق مدنى (المحطة النووية) ومادة مدنية (الوقود النووى) لإنتاج الأسلحة، والسمات التصميمية التى تحد الوصول إلى المادة النووية.

وتجرى حاليا جهود تصميمية مهمة بشأن مفاعلات الماء الخفيف المتقدمة الكبيرة Large Advanced Light Water Reactors فى كل من الأرجنتين والصين والاتحاد الأوروبى وفرنسا وألمانيا واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسى والولايات المتحدة الأمريكية. وتعمل كل من كندا والهند على تطوير التصميمات المتقدمة لمفاعلات الماء الثقيل Advanced Heavy Water Reactors، كما تتطور التصميمات المتقدمة للمفاعلات المبردة بالغاز Advanced Gas Cooled Reactors فى كل من الصين وفرنسا واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسى وجنوب أفريقيا والولايات المتحدة الأمريكية. وقد اكتملت فى جنوب أفريقيا مراجعات التصميم والأمان لوحدة إظهارية (بيانية) قدرة ١٦٥ ميجاوات من مفاعل المهد الحصى الموديولى عالى الحرارة Pebble Bed Modular High Temperature Reactor (PBMR)، وتجرى حاليا مراجعة التراخيص اللازمة. كذلك تتقدم جهود التنمية والتطوير بشأن المفاعلات السريعة المبردة بالفلز (المعدن) المائع Liquid Metal Cooled Fast Reactors فى كل من الصين وفرنسا والهند واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسى.

ويعتبر استكمال الجهود التطويرية فى مبادرتين دوليتين رائدتين تختص أولاهما بالمنندى الدولى للجيل الرابع من المفاعلات، وتعلق الثانية بالمشروع الدولى للوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن المفاعلات النووية التجديدية Innovative Nuclear Reactors ودورات الوقود بمثابة خطوتين متقدمتين كبيرتين على النطاق الدولى لتعزيز التجديدية والابتكار.

والبحث مستمر كذلك فى تعظيم مقاومة الانتشار النووى لبعض دورات الوقود، ويتم فى الوقت ذاته التوجه نحو تقليص حجم النفايات النهائية وسميتها الكامنة. ومثال هذه الدورة للوقود من شأنها أن تمنع أى فصل للبلوتونيوم، وربما "تحرق" "BURN" البلوتونيوم والأكتينيدات الأخرى لتعزلها وتقضيها عن النفايات النووية الناتجة.

وتهتم العديد من الدول النامية، على الخصوص، بتطوير تصميمات المفاعلات التجارية Commercial Reactors الأصغر من تلك المفاعلات المعروضة في السوق في الوقت الراهن، إذ تقلل المفاعلات الأصغر ولاشك من الاستثمارات الأولية وتكاليف هياكل البنية الأساسية المصاحبة، كما تتوافق على نحو أفضل مع الشبكات الكهربائية المحدودة في كثير من الدول النامية. وهنالك العديد من التصميمات في مراحل مختلفة من التطوير، فلقد تقدم معهد بحوث الطاقة النووية الكورى للحصول على ترخيص بناء طراز أولى لمفاعل منظومى تكاملى مودبولى متقدم System Integrated Modular Advanced Reactor (SMAR-T) خمس المقياس (الحجم) one-fifth scale قدرة ٦٥ ميجاوات "يشارك توليد" (cogenerates) الكهرباء مع نزع ملوحة (إعذاب) ماء البحر في عملية واحدة مزدوجة. وفي الاتحاد الروسى تم بالفعل ترخيص بناء محطة قوى نووية في سيفيرود فينسك Severodvinsk عام ٢٠٠٧ للإنتاج المشترك للكهرباء والماء العذب بواسطة مفاعل محمول على صندل بحرى عائم قدرة ٣٠٠ ميجاوات (حرارى) (MWth) طراز KLT-40S، كما تم التخطيط لمفاعل جنوب أفريقيا ذى القدرة الإجمالية ١٦٥ ميجاوات (PBMR) للإظهار البيانى بكامل مقياسه (حجمه) بحلول عام ٢٠١٢.

ويقع عدد من التصميمات ذات المقياس الصغير والمتوسط للمفاعلات Small and Medium Size Reactor (SMR) في فئة "المفاعلات التى لايعاد تزويدها بالوقود في الموقع" Reactors without on-site Refuelling، وهى مفاعلات صممت للإحلال النادر غير المتواتر (كل ٥-٢٥ سنة) لحواظ الوقود المحتواة على نحو مستقر بطريقة تعاوق التحول النوعى التلقائى للوقود النوى. وتتضمن هذه الفئة المفاعلات المصنعة معملياً المزودة بالوقود factory fabricated & fuelled reactors. والتوقع العام هو أن الدولة الموردة قد تستبقى كافة مسئوليات الطرف النهائى للوقود المستنفد والنفائيات. وتشمل المزايا الكامنة: احتمالية تكاليف التشييد الأقل بمنشأة مكرسة في دولة المورد، والتكاليف الاستثمارية الأقل والمخاطر الأدنى للمشترى، خاصة إذا تم تأجير المفاعل بدلاً عن شرائه، والالتزامات المقلصة تجاه إدارة الوقود المستنفد والنفائيات، وإمكانية المستوى الأعلى من الضمان والوثوقية في انعدام الانتشار النووى للمجتمع الدولى.

وقد تركزت جهود البحث والتنمية كذلك في استخدامين غير كهربيين للقوى النووية لهما ارتباط خاص بالتنمية المستدامة: نزع ملوحة مياه البحر وإنتاج الهيدروجين.

إن ما يقدر بحوالى ١,١ بليون نسمة في العالم الآن يفتقرون المدخل إلى المياه النظيفة، ومن المتوقع بحلول عام ٢٠٢٥ أن يعيش حوالى ١,٨ بليون نسمة في أنحاء العالم أجمع في مناطق تعاني من ندرة خطيرة في المياه

(UNCSO، ٢٠٠٥). ويعتبر الترشيح الأفضل للمياه، وإدارة المياه، والتحكم فى التلوث، واستخلاص المياه واستعادتها مجتمعة جزءاً من الحل للشح المنتظر فى المياه، ومثله كذلك المصادر الجديدة للماء العذب، بما فيها نزع ملوحة ماء البحر، حيث توطدت على نحو مكن تكنولوجيات إعذاب المياه منذ منتصف القرن العشرين، وانتشرت على نحو واسع فى الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وقد تزايدت الاستطاعة (القدرة) التشغيلية لمحطات نزع ملوحة المياه على نحو مطرد منذ عام ١٩٦٥ حيث بلغت فى يوليو ٢٠٠٤ ما يربو على ٢٥ مليون متر ٣/يوم على المستوى العالمى. ورغم أن ما يقل عن ٠,١% من هذه السعة التشغيلية تنتج بالقوى النووية فقد أمكن لليابان أن تراكم ما يربو على ١٤٣ مفاعل-سنة من خبرة إعذاب المياه، كما راكمت كازاخستان ٢٦ مفاعل-سنة قبل إحالة مفاعل أكتاو السريع Aktau fast reactor إلى الاستيداع عام ١٩٩٩.

وينشط حالياً عدد من الدول ذات الخبرة النووية، والمواقع الساحلية، والإمدادات المحدودة من الماء العذب، والعدد المتنامى من السكان، و/أو المصادر الناضبة من الوقود الأحفورى فى تطوير النزع النووى لمالحة مياه البحر. فالهند -على سبيل المثال- تنتقل حالياً إلى التشغيل الكامل لمحطتها النووية الإظهارية (البينانية) فى كالباكام فى تاميل نادو Kalpakkam, Tamil Nadu حيث تنزع الملوحة باستخدام التناضح العكسى reverse osmosis لسنوات عديدة خلت، بينما يُجذول إعذاب المياه باستخدام عملية التقطير الومضى متعدد المراحل multi-stage flash process ليبدأ عام ٢٠٠٦. وفى عام ٢٠٠٤ قامت الهند بتشغيل محطة تبخير منخفض الحرارة low temperature evaporation plant بمفاعل سايروس CIRUS البحثى ذى الماء الثقيل فى ترومباى Trombay باستخدام الحرارة العادمة من المهدئ moderator لإنتاج ماء ذى جودة عالية من مياه البحر. وقد أنهى معهد بحوث الطاقة الذرية الكورى Korean Atomic Energy Research Institute تصميم مفاعل منظومى تكاملى مودبولى متقدم (SMART) ريدى (تجريبى) بوحددة لإعذاب المياه، وتقدم فى عام ٢٠٠٥ للحصول على ترخيص التشييد. وبدأت باكستان التشييد فى عملية ازدواج محطة للتقطير متعدد المراحل multi-stage distillation plant بمفاعل الماء الثقيل المضغوط Pressurized Heavy Water Reactor الموجود فى محطة القوى النووية بكراتشى، وذلك لأغراض الإظهار/البيان العملى. ويقام فى الصين حالياً نظام اختبار test system فى معهد تكنولوجيا الطاقة النووية والجديدة Institute of Nuclear and New Energy Technology لفحص صلاحية البارامترات الحرارية-الهيدرولية thermal-hydraulic parameters لعملية التقطير متعدد الأثر multi-effect distillation process والتحقق منها وإثباتها والمصادقة

(١) UNCSO = لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة
(٢) التناضح osmosis = ارتشاح غشائى.

عليها. وفي مصر تمت جدولة تشييد وحدة اختبار test facility للتناضح العكسي السابق للحرارة pre-heat reverse osmosis لتدخل الخدمة عام ٢٠٠٧.

أما بؤرة التركيز الثانية في البحوث الجارية للاستخدام غير الكهربى للقوى النووية فتقع في دائرة إنتاج الهيدروجين. وحتى بلوغ الدرجة التى تصبح فيها خلايا الوقود fuel cells التى تستعمل الهيدروجين وقوداً لها شائعة الاستخدام في قطاع النقل - وفي تطبيقات أخرى تتراوح من التليفونات المحمولة إلى محطات القوى الكهربائية الكبرى القائمة بذاتها - فإن إنتاج الهيدروجين قد يتيح للطاقة النووية أن تفى بنصيب أكبر بكثير من احتياجات العالم من الطاقة عما تستطيعه الآن من خلال توليد الكهرباء منفردة. ومقارنة بالطريقة السائدة اليوم لإنتاج الهيدروجين، ألا وهى التقويم البخارى للغاز الطبيعى، فإن الهيدروجين المنتج نووياً يمكن أن يضيف كذلك كلاً من تقليص ابتعاثات غازات الدفيئة والحفاظ على الغاز الطبيعى لاستخدامات أخرى ذات أولوية .

وقد يتخذ الإنتاج النووى للهيدروجين مسارين اثنين: الإليكترولية electrolysis، والفصل الترموكيميائى thermo-chemical (الحرارى - الكيميائى) للماء. وتستخدم الإليكترولية الكهرباء لفصل الماء إلى مكونيه الأساسيين: الهيدروجين والأكسجين، وتعتبر حالياً هى المسار الأكثر مباشرة، حيث توجد تكنولوجيا الإليكترولية الآن متاحة على نحو تجارى.

أما المسار الثانى - الفصل الترموكيميائى للماء - فلا يزال ينتظر التطبيق على المقياس التجارى وهو يقرن الحرارة من مفاعل نووى عالى الحرارة بمحفزات كيميائية للوصول إلى فصل أكثر كفاءة للماء إلى هيدروجين وأكسجين. وتعتبر الدورة المرتكزة على الكبريت sulphur والأيودين iodine حالياً هى الطليعة الرائدة بين العديد من الدورات الترموكيميائية التى درست على مدى العشرين سنة الماضية؛ وهى تحت التطوير الآن فى الوكالة القومية الإيطالية للتكنولوجيات الجديدة والطاقة والبيئة Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment (ENEA) والوكالة اليابانية للطاقة الذرية Japan Atomic Energy Agency (JAEA) وجهات أخرى.

وتتطلب الدورات الترموكيميائية التى تمت دراستها درجات حرارة بين ٧٠٠ و ٩٥٠ درجة مئوية، أى أعلى إلى درجة أكبر من تلك التى تلحق بالمفاعلات النووية المتاحة تجارياً. وعديد من تصميمات المفاعلات التى بمستطاعها إنتاج الحرارة المتضمنة فى العملية فى هذا المدى مشمولة بالفعل فى البحوث المذكورة أعلاه بما فيها مفاعل المهد الحصى الموديولى عالى الحرارة (PBMR) فى جنوب أفريقيا، والمفاعل ذى الحرارة العالية جداً .. مفاعل الملح المصهور molten salt reactor ، والمفاعل السريع المبرد بالغاز .

■ تعزيز المستدامة

أحد الأهداف الرئيسية للتنمية المستدامة هو توصيل الطاقة، خاصة الطاقة الكهربائية، إلى ربع سكان العالم الذين لا يحظون بها حتى يومنا هذا. والكثير من التركيز على الطاقة في سياق أعمال لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة قد انصب على توسيع المدخل للطاقة، وإمدادات الطاقة، في الدول النامية.. أى "وصل غير المتصلين" "connecting the unconnected"، على الأخص خلال كهربة الريف rural electrification. ويبدو أن الوعد الأفضل لبعض فقراء الريفيين ربما يكون ذلك الذى تقدمه المتجددات خارج الشبكة، كما أن جهوداً إضافية تبدو جوهرية لإدراك هذا الوعد بأسرع ما يكون، وبأرحب ما يمكن. على أن مزيج الطاقة يتعين أن يتضمن، للآخرين، وفقراء الحضر، واحتياجات المدن المليونية المتنامية، التوليد الكبير المركزى للقوى الكهربائية لمقابلة الطلب المركزى الكبير عليها، وهنا تستطيع القوى النووية أن تقدم مساهمتها الكبرى.

إن التنمية المستدامة هي دليل متطور للأرصدة المتنامية والخيارات المفتوحة - وليست دليلاً لفقدانها القهرى.. وبالنظر إلى المبدأ الذى طرحه جدول أعمال القرن الحادى والعشرين Agenda 21 عن "المسؤوليات المتكافئة ولكن المتباينة" equal but differentiated responsibilities فإن تلك الدول القادرة والمعتزمة لديها على الخصوص دوراً حاسماً لتؤديه فى الاحتفاظ بخيار القوى النووية مفتوحاً وجاذباً.

الفصل السابع

الكهرباء النووية..

وأمن الطاقة المستدامة لمصر

يأتى توليد الكهرباء من الطاقة النووية على رأس الحلول المنطقية والممكنة -بل وربما الحتمية- لمشكلات قرب نضوب المصادر الأحفورية للطاقة، والحفاظ على المجال الحيوى لكوكب الأرض، وتقليص المخلفات المتولدة، وإمكان عزلها عزلاً كافياً عن البيئة المحيطة.

وتعتبر مصر الآن مؤهلة للدخول إلى عصر التكنولوجيا النووية، واستخدام الطاقة الذرية لتوليد القوى الكهربائية، وذلك بالنظر إلى رصيد مصر الملائم من الجهود السابقة الناجحة استعداداً لتحقيق خطوات ملّحة فى هذا المضمار، سواء على صعيد حل مشكلات ندرة مصادر الطاقة المحلية وتحقيق مزايا مؤكدة للاقتصاد القومى، أو على صعيد التقدم التكنولوجى العالمى الذى تمثله التكنولوجيا النووية.

تشمل مصادر الطاقة بمصر كلاً من المصادر المائية، ومصادر البترول والغاز الطبيعى، والمصادر الجديدة والمتجددة، والفحم، والوقود النووى.

وقد تم استغلال المصادر المائية من خزان أسوان عام ١٩٦٠، ومن السد العالى عام ١٩٦٧، ومحطة خزان أسوان الثانية عام ١٩٨٥، ومحطة إسنا الجديدة عام ١٩٩٥. واستغل حتى الآن حوالى ٩٥% من الإمكانية المتاحة لتوليد الطاقة الكهربائية من المصادر المائية بمصر، ولم يتبق سوى مشروعين للتوليد الكهربى بكل من نجع حمادى وأسيوط، ولا تزيد القدرة الكهربائية المنتظر توليدها منهما على ١١٠ ميغاوات. كذلك لا تزيد مشروعات التوليد المائى المصغر على التسرع والرياحات على ١٠٠ ميغاوات أخرى^(١).

وتلبي مصادر البترول والغاز الطبيعى النسبة الكبرى من الطاقة التجارية المستهلكة، بالإضافة إلى أنها تحقق جانباً مهماً من حصيلة العملة الأجنبية. وقد شهدت الفترة منذ عام ١٩٧٥ حتى الآن نشاطاً مكثفاً فى البحث عن البترول والغاز الطبيعى وإنتاجهما فى مصر. ويبلغ حجم الاحتياطى المؤكد لزيت البترول والمتكثفات حوالى ٣,٩ مليار برميل (فى ٢٠٠٧/٧/١٠)^(٢). وقد ظل هذا الاحتياطى يتراوح حول ذلك المعدل منذ عام ١٩٧٥، رغم زيادة الإنتاج الكلى من

ضرورة الطاقة

النووية لمصر

■ مصادر الطاقة بمصر

(١) المجالس القومية المتخصصة: "استخدام الطاقة النووية لتوليد القوى الكهربائية فى مصر"، تقرير المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية، ١٩٩٨.

(٢) المهندس/ سامح فهمى وزير البترول: تصريح بجريدة الأهرام الصادرة فى ١٠ يوليو ٢٠٠٧، صفحة رقم ٣١.

الوقود الأحفوري (زيت البترول والغاز الطبيعي) إلى حوالى ثلاثة أمثال ما كان عليه، حيث زاد من ١١,٧ مليون طن عام ١٩٧٥ إلى ٣٢,٥ مليون طن عام ٢٠٠٦. كذلك بلغ الإنتاج من الغاز الطبيعي عام ٢٠٠٦ مقدار ٣٨,٤ مليون طن، (أى بلغ إجمالى الإنتاج من البترول الخام والمنتجات والغاز الطبيعي مقدار ٧٠,٩ مليون طن). ويبلغ حجم الاحتياطي المؤكد للغاز الطبيعي ٧٢,٣ تريليون قدم مكعب (فى ٢٠٠٧/٧/١٠)^(١)، وذلك إضافة إلى الاحتياطيات المحتملة من الغاز الطبيعي التى تقدر بحوالى ١٠٠-١٢٠ تريليون قدم مكعب^(٢).

ويطرح قطاع البترول استراتيجيته على أساس تصدير الغاز الطبيعي كوسيلة لدعم ميزان النقد الأجنبى لقطاع البترول ورفع جزء من العبء الذى يتحمله فى سداد تكلفة تنمية حقول الغازات الطبيعية الجديد، وتحقيق عائد من النقد الأجنبى لدعم خطط التنمية، دون تأثير على الاحتياجات المحلية المطلوبة. وتهدف السياسة المعلنة لوزارة البترول إلى تنويع الأسواق لتصدير الغاز الطبيعي، إما عن طريق خطوط الأنابيب البرية أو البحرية، أو عن طريق تشييد مصانع لإسالة الغاز ونقله فى ناقلات خاصة إلى محطات فى الدول المستهلكة تضطلع بإعادته للحالة الغازية، أيهما أكثر اقتصاداً وأيسر تقنياً^(٣).

وعلى التوازى مع ذلك تستهدف السياسة التى تتبناها وزارة البترول تعظيم استخدام الغازات الطبيعية -باعتبارها وقوداً صديقاً للبيئة أيضاً- فى كافة الأنشطة الاقتصادية، وفتح مجالات وأسواق جديدة لاستخدامات الغاز بما يحقق الاستغلال الأمثل للموارد المحلية للطاقة، ويحافظ فى الوقت ذات على أمن وسلامة البيئة والصحة الإنسانية.

أما الثروة النفطية فالاحتياطيات المؤكدة منها محفوفة بمخاطر التناقص الطبيعى والتدريجى فى إنتاج الزيت الخام، نظراً لتقدم الحقول الكبرى المنتجة، وزيادة معدلات استهلاك المنتجات البترولية بمعدلات تفوق الزيادة فى الإنتاج، الأمر الذى دفع إلى استيراد بعضها من الخارج خلال السنوات الماضية.

وتشير الإحصاءات إلى تنامى إحلال الغازات الطبيعية محل المنتجات النفطية عاماً بعد عام، وهو ما يتبدى على نحو ظاهر فى الطاقة الكهربائية المولدة من مصادر حرارية، والتى وصلت عام ٢٠٠٦ إلى حوالى ١٠,٨ مليار كيلووات ساعة، بلغت نسبة استهلاك الغاز الطبيعى إلى إجمالى الوقود المستخدم فى إنتاجها نحو ٨٣%، ولم تكن تتعدى ٤% فى نهاية السبعينيات. وقد بلغ استهلاك قطاع الكهرباء من المازوت عام ٢٠٠٦ حوالى ٣,٦٩ مليون طن، ومن الغازات الطبيعية مقدار ١٣,٦٠ مليون طن، وهو يتزايد بمعدل حوالى ١٣% سنوياً، وتبلغ

(١) المهندس/ سامح فهمى وزير البترول: تصريح بجريدة الأهرام الصادرة فى ١٠ يوليو ٢٠٠٧، صفحة رقم ٣١.

(٢) الشركة المصرية القابضة للغازات الطبيعية: تقرير غير منشور.

(٣) مهندس/ ماهر عزيز: "المعضلة الأرضية.. عن الطاقة والبيئة والمستدامة - رؤية استراتيجية لمستقبل الطاقة فى العالم ومصر"، كراسات مستقبلية، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ٢٠٠٤.

مساهمة الغاز الطبيعي فيه حوالى ٣٥% من إجمالى إنتاج الغاز الطبيعي بمصر عام ٢٠٠٦^(١).

ويشير تحليل الطلب الإجمالى المستقبلى على كل من المنتجات البترولية والغازات الطبيعية على المدى المتوسط حتى عام ٢٠٢٥، إلى نمو الناتج المحلى الإجمالى بمعدل ١% سنوياً يتبعه نمو استهلاك الطاقة بمعدل ١,٣% سنوياً^(٢). فمع افتراض وضع برامج صارمة لترشيد الطاقة ورفع كفاءتها بما يمكن أن يؤدى إلى خفض تلك المرونة إلى ثلاثة أرباع الواحد الصحيح، أى ما يعادل المتوسط العالمى فى وقتنا الراهن، وبفرض أن مصر ستحقق نمواً اقتصادياً بمعدل ٧% سنوياً فى المتوسط حتى عام ٢٠٢٥ على النحو الوارد فى استراتيجية التنمية الاقتصادية والاجتماعية، فإن معدل نمو الاستهلاك المحلى من البترول والغاز يمكن أن ينخفض إلى نحو ٥,٢٥% سنوياً فى المتوسط، وبذلك تبلغ احتياجات مصر المجمعة من البترول والغاز خلال الفترة حتى ٢٠٢٥ نحو ١١٠٠ مليون طن مكافئ نفط.

وإذا تم توفير حصة للتصدير لحساب مصر لاتقل عن ١٠ مليون طن سنوياً، يبلغ إجمالى الصادرات على مدى السنوات حتى ٢٠٢٥ نحو ٢٠٠ مليون طن، فيكون إجمالى احتياجات مصر من البترول والغاز (متضمناً الصادرات) نحو ١٣٠٠ مليون طن مكافئ نفط. ولكى نتوصل لتقدير حجم الإنتاج المطلوب من البترول والغاز، ومن ثم حجم الاحتياطيات التى تسانده خلال الفترة المذكورة، ينبغى أن نضيف إلى الاحتياجات المحلية كمية مماثلة لتغطية نصيب الشركات الأجنبية العاملة فى مصر مقابل استرداد نفقاتها وحصتها الإضافية فى الإنتاج وفقاً للاتفاقيات السارية^(٣). وبذلك يبلغ المستهدف إنتاجه من البترول والغاز على مدى الفترة حتى ٢٠٢٥ نحو ٣٣٠٠ مليون طن مكافئ نفط، وذلك بفرض تنفيذ مشروعات ترشيد ورفع كفاءة الطاقة كى ينمو الاستهلاك فقط بمعدل ٥,٢٥% سنوياً فى المتوسط.

وبمقارنة هذا الرقم بما هو معطن كاحتياطيات مؤكدة فى الوقت الحاضر -ولانتجاوز ٢٢٨٨ مليون طن مكافئ نفط- (٣,٩ مليار برميل زيت ومنتكفات، و٧٢,٣ تريليون قدم مكعب غاز)، وحتى فى وجود احتياطي مرجح من الغاز يبلغ حوالى مائة تريليون قدم مكعب (يبلى نصيب مصر منها حوالى ٥٠ تريليون قدم مكعب)^(٣)، يتضح أن كل الاحتياطي المؤكد والمرجح لا يزيد على حوالى ٣٥٠٠ مليون طن مكافئ نفط بحلول عام ٢٠٢٥، أى لايزيد على الطلب التراكمى عليه

(١) الشركة القابضة لكهرباء مصر: الكتاب الإحصائى السنوى، عام ٢٠٠٥/٢٠٠٦.

(٢) د. حسين عبد الله: "الغاز الطبيعي المصرى بين التصنيع والتصدير" - القسم الثالث من "الاتجاهات الاقتصادية الاستراتيجية ٢٠٠١"، (ص ٢٦٥)، مركز الدراسات السياسية والاستراتيجية بالأهرام، القاهرة، يناير ٢٠٠٢.

(٣) د. حسين عبد الله: المرجع السابق.

حتى ذلك العام بما ينذر بكارثة -لا قدر الله- إن لم تجد مصر مصدراً بديلاً للطاقة يحقق استمرارية واستدامة الإمداد.

وهكذا فإن الخيار النووي يبدو كخيار حتمى يلزم التوجه إليه عاجلاً بالنظر إلى الوقت الذى يستغرقه تشييد محطة القوى النووية، وذلك فى صدد حتمية استمرارية وجودة الإمداد، وتقليص التأثيرات البيئية محلياً وإقليمياً وعالمياً.

أما بالنسبة لمصادر الطاقة المتجددة، فيبلغ متوسط الطاقة المنبعثة من الشمس (حوالى ١ إلى ١,٣ وات/م^٢) إلا أن استغلال هذه الطاقة فى مصر لم يصل بعد إلى الاعتماد عليها كجزء مؤثر فى منظومة الطاقة، كما أن تكلفة إنتاج الكيلووات ساعة منها لاتزال مرتفعة، إذا قورنت بالأنواع الأخرى من الطاقة.

وتقوم وزارة الكهرباء والطاقة حالياً بتشيد أول محطة حرارية بالطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء بقدرة تبلغ ١٥٠ ميجاوات كمرحلة أولى، بالإضافة إلى التوسع فى تحويل الطاقة الضوئية مباشرة إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الفوتوفلطية، الذى بدأ تطبيقه فى بعض الأماكن، وينتظر امتداده إلى تطبيقات عديدة خاصة فى المناطق النائية.

كذلك يوجد بمصر العديد من الأماكن التى يعتبر متوسط سرعة الرياح اليومية والسنوية فيها كافياً لتوليد الطاقة الكهربائية، إذ تبلغ سرعة الرياح فى منطقة البحر المتوسط حوالى ٢٠ كم/ساعة، وفى منطقة البحر الأحمر حوالى ٢٢ كم / ساعة. وتدل الأبحاث على أنه يمكن توليد حوالى (٦ ميجاوات/كم^٢) بهذه المناطق^(١). وقد أمكن تشييد عدة مزارع لثريينات الرياح لإنتاج الكهرباء فى منطقة غرب خليج السويس يبلغ إجمالى قدراتها المركبة حالياً ٢٣٠ ميجاوات، ومن المتوقع الوصول بها إلى ٨٥٠ ميجاوات بحلول عام ٢٠١٠، لتمثل حوالى ٣% من إجمالى قدرات التوليد المركبة لهذا العام^(٢). ويوجد بمصر الكثير من المخلفات العضوية الحيوانية وبقايا النباتات التى يمكن استخدامها فى إنتاج طاقة الكتلة الأحيائية، إلا أنها لم تستغل الاستغلال الأمثل حتى الآن.

ولاعتبر مصر بلداً منتجاً للفحم بالمعايير المعروفة فى هذا المجال، وتقدر الاحتياطيات الحالية للفحم فى شبه جزيرة سيناء بحوالى ٢٧ مليون طن، لا تكفى إلا لتشغيل محطة توليد قوى كهربائية قدرة ٣٠٠ ميجاوات، لمدى عمرها الافتراضى فقط.

أما فيما يختص بمصادر الوقود النووى (اليورانيوم والثوريوم)، فقد أجريت دراسات جيولوجية لاستكشافها منذ عام ١٩٦١ فى عدة مناطق بوسط الصحراء

(١) المجالس القومية المتخصصة: مرجع سابق.

(٢) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة: التقرير السنوى عام ٢٠٠٦/٢٠٠٧.

الشرقية والغربية، وتدل التقديرات الحالية على أن كمية المواد الخام النووية من اليورانيوم والثوريوم الموجودة في هذه المناطق كبيرة نسبياً، ولكن استخراجها غير اقتصادي، إلا إذا كان ذلك ضمن برنامج موسع لاستخراج جميع المواد الخام الموجودة بهذه المناطق. ويوجد اليورانيوم في الصحراء الغربية في صخور رسوبية مضيئة، من عصور مختلفة، في جبل قطراني وجبل هفوف بالوحدات البحرية ووادي عربة، وفي الصحراء الشرقية على هيئة عروق في الصخور النارية الجرانيتية عند الإريديات / المسيكات وأم عرا وجبل جتار، وفي شبه جزيرة سيناء حيث توجد بعض أملاح اليورانيوم في منطقة أبو زنيمة.

إمكانات دخول مصر العصر النووي

بدأ دخول مصر مجال استخدامات الطاقة النووية بصور قرار رئيس مجلس الوزراء عام ١٩٥٥ بتشكيل "لجنة الطاقة الذرية" وتحديد اختصاصاتها في إعداد وتنفيذ وتنسيق كل مايتعلق بالاستخدامات السلمية للطاقة الذرية.

■ البدايات الأولى لدخول مصر المجال النووي:

وفي ١٢ يوليو ١٩٥٦ قامت مصر بتوقيع أول اتفاق دولي للتعاون النووي، مع الاتحاد السوفيتي، إدراكاً منها لأهمية التعاون الدولي في نقل التكنولوجيا النووية، الذي أثبتته بالاشتراك كعضو مؤسس في الوكالة الدولية للطاقة الذرية التابعة للأمم المتحدة بفيينا عام ١٩٥٧، ثم أصدرت بعد ذلك التشريعات الوطنية والقرارات اللازمة لتأسيس هيكل البنية الأساسية للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية داخل البلاد، فصدر قرار رئيس الجمهورية رقم ٢٨٨ لسنة ١٩٥٧ بإنشاء "مؤسسة الطاقة الذرية"، (التي صارت فيما بعد "هيئة الطاقة الذرية" تحت مظلة وزارة الكهرباء والطاقة) حيث اضطلعت المؤسسة بإقامة المنشآت ومعامل البحوث في مختلف فروع الطاقة الذرية وتطبيقاتها، كما تولت أعمال الكشف عن الخامات الذرية واستغلالها، وصدر بعد ذلك القانون رقم ٥٩ لسنة ١٩٦٠ "في شأن تنظيم العمل بالإشعاعات المؤينة والوقاية من أخطارها"، وعهد بتنفيذه إلى مؤسسة الطاقة الذرية ووزارة الصحة كل في نطاق اختصاصه. وقد قامت "مؤسسة الطاقة الذرية" - بالاشتراك مع وزارة الكهرباء لدى إنشائها عام ١٩٦٤ - بإجراء الدراسات الفنية لبعض المشروعات، والإعداد لبناء محطات القوى الكهربائية النووية.

■ البرنامج النووي المصري لمحطات توليد الكهرباء

بدأ الإعداد لتنفيذ أول مشروع لإقامة محطة نووية لتوليد الكهرباء في مصر عام ١٩٦٣، أي بعد عام واحد من تشغيل مفاعل البحوث الأول في إنشاص، وكان هذا المشروع يشتمل على مفاعل نووي قدرة ١٥٠ ميجاوات، ووحدة ملحقة به لتحلية مياه البحر؛ وكان الموقع المرشح لهذا المفاعل هو موقع برج العرب، غير أن المشروع توقف بسبب اندلاع حرب عام ١٩٦٧.

وكانت المحاولة الثانية بعد حرب ١٩٧٣ أثناء زيارة الرئيس الأمريكى ريتشارد نيكسون للمنطقة، حيث عرضت الولايات المتحدة الأمريكية تزويد مصر وإسرائيل بمفاعلات نووية، وتم على أثر ذلك طرح مناقصة بين الشركات الأمريكية لإنشاء محطة نووية تبلغ قدرتها ٦٠٠ ميجاوات فى موقع سيدى كريس على الساحل الشمالى غربى الأسكندرية بحوالى ٢٩ كيلو متراً. وقد اختيرت إحدى هذه الشركات الأمريكية، وجرت المفاوضات معها، لكن المشروع لم يتحقق لأسباب لم تكن لاعتبارات التقنية أو التمويل أو القبول الجماهيرى شأن فيها. وفى عام ١٩٧٥ صدر قرار رئيس الجمهورية رقم ٧٨٤ لسنة ١٩٧٥ بإنشاء "المجلس الأعلى لاستخدامات الطاقة النووية" برئاسة رئيس الجمهورية، من أجل وضع الخطة العامة للدولة بشأن استخدامات الطاقة النووية فى المجالات المختلفة، ثم أنشئت هيئتان مستقلتان للاضطلاع بهذه الأعباء، فصدر القانون رقم ١٣ لسنة ١٩٧٦ بإنشاء "هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء" التى تتبع منذ ذلك الحين وزارة الكهرباء والطاقة، وصدر قرار رئيس الجمهورية رقم ١٩٦ لسنة ١٩٧٦ بإنشاء "هيئة المواد النووية" التى تتبع كذلك وزارة الكهرباء والطاقة، ثم انتقلت تبعيتها إلى وزارة الصناعة، ثم لم تلبث أن عادت مرة أخرى إلى وزارة الكهرباء والطاقة.

وفى عام ١٩٧٩ صدر قرار رئيس مجلس الوزراء رقم ١٠٩٣ بتشكيل "مجلس أعلى للطاقة" يختص بوضع استراتيجية وخطة عامة للطاقة فى مصر.

وخلال عامى ١٩٧٩ و ١٩٨٠ انتهت مناقشات مجلس الشعب والمجلس الأعلى للطاقة إلى ضرورة استخدام الطاقة النووية، وحثمية البرنامج النووى لتوليد الكهرباء فى مصر، وضرورة اتخاذ الإجراءات اللازمة للبدء فى تنفيذه. وبناءً على ذلك أقر المجلس الأعلى للطاقة عام ١٩٨٠ استراتيجية البرنامج النووى المصرى حتى عام ٢٠٠٠، وقد أسفر ذلك عن اتخاذ مجموعة من القرارات الضرورية لتنفيذ هذه الاستراتيجية، بما فى ذلك نظام التمويل من خلال صندوق أنشئ خصيصاً لهذا الغرض، إذ صدر القانون رقم ٥٤ لسنة ١٩٨١ فى شأن تمويل مشروعات الطاقة البديلة - ومن بينها الطاقة النووية - بهدف تحقيق قدر كبير من الاكتفاء الذاتى فى تمويل إنشاء المفاعلات النووية، وهو التمويل الذى يعتمد إلى حد كبير على الحصول على قروض طويلة الأجل بفوائد ميسرة، لمواجهة النفقات المتزايدة فى هذا المجال، وأنشئ المركز القومى للأمان النووى والرقابة الإشعاعية بغرض إحكام الرقابة على إجراءات الأمان والوقاية.

وقد نصت استراتيجية وزارة الكهرباء والطاقة حتى عام ٢٠٠٠ التى صدرت فى مايو ١٩٨١ على أن يشمل برنامج تشييد المحطات النووية على ثمان محطات نووية لتوليد الكهرباء، تصل قدراتها المركبة عام ٢٠٠٠ إلى حوالى ٨٠٠٠

ميجاوات، الهدف منها إنتاج ما يقرب من ٤٩ مليار ك.و.س، فضلاً عن إغذاب كمية ضخمة من مياه البحر.

وقد أجريت مناقصة إنشاء المحطة النووية الأولى عام ١٩٨٦، لكن المشروع لم يتم تنفيذه آنذاك بسبب حادثة "تشيرنوبيل"، ومنذ ذلك الوقت تواصلت الجهود المكثفة للإعداد لمعاودة النشاط في هذه المجال.

■ اتفاقيات التعاون النووي الدولي والإقليمي

عقدت مصر سلسلة من الاتفاقيات الثنائية مع عدد من الدول للتعاون في مجالات العلوم والتكنولوجيا النووية، كذلك صادقت مصر على معاهدة حظر الانتشار النووي المعنية بعدم انتشار الأسلحة النووية في ٢٢ فبراير ١٩٨١، كما أسفرت الاتصالات التي أجريت بشأن تعزيز التعاون الدولي في هذا المجال عن عقد اتفاقيات للتعاون النووي السلمي مع كل من فرنسا في ٢٧ مارس ١٩٨١، وكندا في مايو ١٩٨٢، والسويد وإنجلترا وأستراليا كذلك.

وتتيح هذه الاتفاقيات لمصر فرصة الحصول على محطات قوى نووية لتوليد الكهرباء في إطار التطبيقات السلمية للطاقة الذرية، كما تسمح بالتعاون في جميع الأنشطة النووية الأخرى، باستثناء تخصيب اليورانيوم وإعادة معالجة الوقود داخل مصر، إلا إذا اتفق على خلاف ذلك بين الطرفين في المستقبل، على أن تتولى الوكالة الدولية للطاقة الذرية بفيينا مهمة تطبيق الضمانات الدولية على الأنشطة النووية المصرية، وفقاً لاتفاق الضمانات الدولية بين مصر والوكالة، تنفيذاً لما يتطلبه حظر الانتشار النووي.

وتكتسب هذه الاتفاقيات أهمية خاصة نظراً لتوقيعها في أعقاب تصديق مصر على معاهدة حظر الانتشار النووي في فبراير ١٩٨١، واتصالها اتصالاً وثيقاً بتنفيذ البرنامج المصري للقوى النووية لتوليد الكهرباء.

كما شاركت مصر في الجهود الدولية التي أدت إلى عقد اتفاقيتين دوليتين متعددتي الأطراف، هما: "اتفاقية فيينا للمسئولية المدنية عن الأضرار النووية" الموقعة في ٢١ مايو ١٩٦٣، والتي دخلت مرحلة التنفيذ في ١٢ نوفمبر ١٩٧٧، واتفاقية "الحماية المادية للمواد النووية" التي فتح باب التوقيع عليها في ٣ مارس ١٩٨٠ بكل من فيينا ونيويورك.

وفي عام ١٩٨٧ انضمت مصر إلى اتفاقيتي الوكالة الدولية للطاقة الذرية - اللتين أعقبتا كارثة المفاعل النووي في "تشيرنوبل" - للإنذار المبكر، وتقديم المساعدة في حالة وقوع حادثة نووية أو طارئ إشعاعي.

وعلى المستوى الإقليمي، وقعت مصر مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية اتفاقية إنشاء "مركز الشروق الأوسط الإقليمي للنظائر المشعة للدول العربية" بالقاهرة -

التي وافق عليها مجلس محافظى الوكالة بتاريخ ١٤ سبتمبر ١٩٦٢. يضاف إلى ذلك "اتفاقية التعاون العربى لاستخدام الطاقة الذرية فى الأغراض السلمية"، التى وقعتها مصر مع عدد من الدول العربية فى اطار جامعة الدول العربية، وأقرها مجلس الجامعة فى ٢١ مارس ١٩٦٥.

■ **توافر البنية الأساسية للعلوم والتكنولوجيا النووية** منذ إنشاء "مؤسسة الطاقة الذرية" قبل خمسين عاماً مارست مصر دوراً رئيسياً على النطاق القومى لتطوير العمل فى بحوث العلوم والتكنولوجيا النووية.

فى مصر

وقد تم تشغيل مفاعل الأبحاث الأول فى إنشاص عام ١٩٦١، وكان الأول كذلك فى أفريقيا (باستثناء دولة جنوب أفريقيا). ومع تعاظم الثروة البشرية واكتساب الخبرة فى مجالات العلوم الأساسية والتطبيقية، صارت "هيئة الطاقة الذرية" الآن ذات قوة علمية تربو على ٨٥٠ عالماً أكاديمياً، يتميزون بتأهيل رفيع المستوى فى مختلف مجالات العلوم والتكنولوجيا النووية، يدعمهم حوالى ٦٥٠ من المهندسين والفنيين. وجدير بالذكر أن عدداً من خبراء وعلماء الهيئة يتبوأون حالياً مراكز قيادية فى الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وفى مؤسسات الطاقة الذرية الإقليمية والدولية.

وتضم هيئة الطاقة الذرية أربعة مراكز بحوث هى:

- **مركز البحوث النووية:** ويكتنف الإمكانات البحثية الرئيسية، مثل مفاعل الأبحاث الصغير والكبير، ومعمل فاندى جراف، والوحدة نصف الصناعية لتصنيع الوقود النووى، ومعامل الإلكترونيات، ومحركة النفايات الصلبة منخفضة المستوى، والوحدة نصف الصناعية للماء الثقيل، وأنشطة بحوث الطبيعة النووية والجزيئية والذرية، والبلازما والاندماج النووى، والمعجلات ومصادر الأيونات، والفيزياء النظرية والرياضيات.
- **المركز القومى لبحوث وتكنولوجيا الإشعاع:** ويقوم على تعزيز البحث والتطوير باستخدام الإشعاع المؤين فى الطب والصناعة والزراعة والبيئة وغيرها من التطبيقات. ويشتمل المركز على وحدة تشعيع جامى، ومعمل الكثرونات، كما يجرى تعقيم المستحضرات الطبية والصيدلانية بالتشعيع الجامى.
- **مركز إدارة النفايات والمعامل الحارة:** ويختص بتنمية الخبرة فى مجالات الطرف الخلفى لدائرة الوقود النووى، والتخلص الأمن من النفايات المشعة، وإنتاج النظائر المشعة.
- **المركز القومى للأمان النووى والرقابة الإشعاعية:** وهو أحدث المراكز الأربعة وربما يتقدمها من حيث النهوض بمسئولية إصدار التنظيمات وقواعد الأمان المتعلقة بالمنشآت النووية، وتأكيد وقاية الأفراد والبيئة من المخاطر الإشعاعية. ويضطلع المركز بمسؤوليات التنظيمات النووية وخطط الطوارئ

الإشعاعية. وقد استغل في الآونة الأخيرة ليقوم بدور رقابي وتنظيمي حاكم بالنسبة لكافة الأنشطة النووية بمصر حالياً ومستقبلاً.

ويوجد بهيئة الطاقة الذرية مشروعات كبرى منها الفيزياء النيوترونية ١٠-١٤ نيوترون/سم²/ثانية، ومعمل السيكلوترون بطاقة ٢٠ مليون فولت إلكتروني، ومشروع تنمية الصحراء باستخدام التكنولوجيا النووية، الذي يؤدي دوراً مهماً في تنمية الثروة الحيوانية، وتطوير مواد البناء، واستخدام أساليب الهندسة الوراثية في استصلاح الأراضي الصحراوية والتنمية الزراعية.

وتقدم هيئة الطاقة الذرية خدماتها للمجتمع من خلال التعاون المشترك مع الجامعات، والمؤسسات الصناعية والزراعية والطبية، باستخدام تجهيزات وإمكانات المراكز البحثية الأربعة.

كذلك تنهض هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء بكافة الجهود للإعداد لتنفيذ مشروع المحطة النووية الأولى لتوليد الكهرباء، سواء من حيث التقنية الهندسية والتكنولوجية أو من حيث إعداد الكوادر المؤهلة. وتؤدي هيئة المواد النووية دوراً مهماً في تنمية المخزون الوطني من المواد النووية من خلال المسح الجغرافي والاستكشاف والتنقيب والتعدين.

■ مشروعات التحضير لمحطات القوى النووية ومتطلباتها

في سبيل الإعداد للبدء في مشروعات برنامج القوى الكهربائية النووية - وبهدف التجهيز الكامل لكل المتطلبات اللازمة قبل التعاقد، والإفادة بالوقت المتاح الحالي في زيادة نسبة المشاركة المحلية في تنفيذ المشروعات النووية- تم توجيه النشاط في عدد من المشروعات المهمة، التي يأتي في مقدمتها ما يلي:

١- برنامج دعم المشاركة المحلية في تصنيع مكونات محطات التوليد ونقل التكنولوجيا للشركات المحلية:

ويشتمل على العناصر الآتية:

- الوقود النووي: ويتضمن نقل تكنولوجيا تصميم وتجهيز الوقود، وقياس الأداء عن طريق تصنيع حزمين كاملتين من قضبان الوقود والتشيع والاختبار، ودراسة جدوى إنشاء مصنع لإنتاج الوقود، وإجراء تجارب تشغيل المصنع واستخدام عدد من حزم الوقود ضمن شحنة مفاعل بمحطة نووية بكندا للتأكد من أدائه.

- الماء الثقيل: ويهدف البرنامج إلى دراسة إقامة وحدة محلية لإنتاج الماء الثقيل بسعة ٢٠-٢٥ طن سنوياً، وهي كمية كافية لتعويض الفاقد الناجم عن تشغيل ٤ محطات قوى نووية من طراز "كاندو" قدرة كل منها ٦٠٠

ميجاوات. وقد أوضحت دراسة سابقة إمكانية دمج وحدة لتركيز الماء الثقيل مع خلايا التحليل الكهربى المستخدمة فى إنتاج الهيدروجين بشركة كيما بأسوان، وذلك لإنتاج ٢٥ طن سنوياً من الماء الثقيل بطريقة التبادل الكيميائى، وبتكاليف اقتصادية معقولة. وقد تمت دراسة وتقييم كل الخيارات المتعلقة بإنشاء هذه الوحدة.

فمن حيث الوقود النووى تم تدريب عدد من المهندسين المصريين من الهيئات النووية، والطاقة الذرية بإنشاص على استيعاب ونقل تكنولوجيا تصميم وتصنيع الوقود. وتم إجراء دراسة جدوى تصنيع الوقود النووى بطاقة ١٠٠ طن سنوياً.

- تصنيع المعدات: وذلك ضمن برنامج يشتمل على:

- **حصر المحطات المزمع إنشاؤها حتى عام 2020:** وتحديد المعدات المطلوبة، وتقدير النقد الأجنبى اللازم لاستيرادها.
- **تحليل قطاع الصناعة المصرية:** من خلال حصر إمكانات الصناعة المحلية، مع الأخذا بإمكانيات تطورها المستقبلية فى الاعتبار، ووضع أولويات الحاجة إلى المعدات وطرق تصنيعها، وتبويب وترتيب المصانع المحلية من حيث قدراتها لإنتاج المعدات بمستوى الجودة المطلوبة. ولتحقيق ذلك يتم تصنيف المعدات من حيث عمليات التصنيع اللازمة لها، وتحديد احتياجات المصانع المحلية للمعدات، ونقل التكنولوجيا اللازمة لذلك، ثم وضع خطة لكل منشأة صناعية تشمل الأهداف الإنتاجية، والتطوير اللازم.
- **الخطة الاستثمارية للتصنيع:** تحديد الاستثمارات المطلوبة، والنقد الأجنبى اللازم لبدء الإنتاج، وحساب تكاليف إنتاج المعدات، ومقارنتها بتكاليف الاستيراد.
- **تحليل التكلفة/العائد للصناعة المحلية:** بما فى ذلك تقييم التكلفة والعائد لتطوير الصناعة المحلية، وتوفير النقد الأجنبى نتيجة الحد من الاستيراد فى المراحل الأولى، والاتجاه إلى التصدير فى المراحل التالية بعد التأكد من الجدوى الفنية والاقتصادية، توطئة لتطوير المصانع المصرية لتصنيع معدات محددة.
- **البرنامج التنفيذى للتصنيع المحلى:** إعداد وثائق خاصة لكل منشأة صناعية بشأن تطويرها وتجهيزها لتصنيع المعدات المحددة لها، وكذا بشأن الشركات الأجنبية التى ستتقل منها تكنولوجيا تصنيع هذه المعدات.

- **تأكيد ومراقبة الجودة:** فرضت نظم تأكيد ومراقبة الجودة أهميتها على مراحل إقامة المحطات النووية، بدءاً من تصنيع الأجزاء والمعدات، ومروراً بمراحل التشييد، وانتهاءً بالتشغيل والصيانة. كما يوجد إطار عام لبرنامج تأكيد ومراقبة الجودة لتطوير التصنيع المحلى للمعدات.
- **الأعمال الإنسانية:** وتشمل دراسة الإمكانيات المحلية لتنفيذ الأعمال المدنية والإنسانية لمحطات التوليد، سواء كانت نووية أو تقليدية، وكذا توافر الخامات اللازمة.

وتوجد وحدة تجريبية بهيئة الطاقة الذرية بإنشاص لإنتاج الماء الثقيل للتعرف على تكنولوجيا التشغيل والتطوير وتدريب الكوادر.

٢- مشروع مركز التدريب بالضبعة:

يهدف المشروع إلى تكوين الكوادر المدربة في مجالات تصميم وتشغيل محطات التوليد النووية، ويحتوى المركز على محاكى إلكترونى لمفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء الثقيل. وقد قام خبراء فرنسيون بإعداد حزم البرامج لتمثيل المحطة النووية بنوعيتها، وكذلك إعداد النموذج التمثيلى الخطى لنوع الماء المضغوط. ويقوم المتخصصون المصريون بتطوير وتنفيذ النموذج الخطى لنوع الماء الثقيل بمجهودات ذاتية.

٣- مشروع مركز الدراسات البيئية بالضبعة:

ويختص بالدراسات البيئية فى موقع الضبعة، ويضم معامل مجهزة بمستوى رفيع لدراسة جميع الظروف البيئية، سواء البرية أو البحرية أو الجوية فى منطقة الضبعة، وأية تغيرات تطرأ عليها، شاملة فى ذلك المساعدات المقدمة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية فى هذا الخصوص.

٤- مشروع دراسة جدوى المحطات النووية الصغيرة والمتوسطة:

فى إطار متابعة ما يدور فى العالم من تطورات لتكنولوجيا محطات القوى النووية، ومدى ملاءمة الوحدات الصغيرة والمتوسطة، تمت دراسة جدوى شاملة بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية وأربع دول متقدمة، هى الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وألمانيا وفنلندا، بهدف التعرف على آخر منجزات التكنولوجيا فى القدرات التى تتراوح ما بين ١٠٠ و ٦٠٠ ميجاوات. وقد خلصت هذه الدراسة إلى أن الوحدات أقل من ٤٥٠ ميجاوات تعتبر مرتفعة السعر نسبياً، أما الوحدات ما بين ٤٥٠ و ٦٠٠ ميجاوات، من نوع الماء الخفيف أو الماء الثقيل، فإنها تنافس مثيلاتها التى تعمل بالفحم.

وقد توصل مشروع تعظيم المشاركة المحلية فى محطات التوليد إلى إمكان تصنيع ما لا يقل عن ٣٠% من مكونات محطات "الكاندو" (المحطات الكندية التى تستخدم اليورانيوم الطبيعى والماء الثقيل)، بالإضافة إلى أن العمل يجرى حالياً بصورة طيبة فى نقل تكنولوجيا تصنيع الوقود اللازم لهذا النوع من محطات القوى النووية، كما أثبتت دراسة الجدوى الاقتصادية لإنتاج الماء الثقيل فى مصر أنه أرخص من الأسعار العالمية.

وفى ضوء هذا المستوى من الاستعداد الراهن للدخول فى عصر القوى النووية لتوليد الكهرباء وفى إطار مبدأ الحفاظ على جميع خيارات الطاقة مفتوحة، وتعظيم تنوعية محفظة الطاقة فى مزيج المصادر الأولية لإنتاجها واستخدامها، فإن الخيار النووى يأتى على رأس قائمة الأولويات التى يتوجب أن تنهض بها مصر لتأمين الطاقة المستدامة.

إن مصر بامتلاكها لثلاث هيئات معنية بالطاقة الذرية والقوى النووية تغطى فروع العلوم والتكنولوجيا فى هذا المضمار، كذلك فاحتيازها لعدد كبير من العلماء والخبراء والمهندسين والفنيين، وإنجازها لأجزاء مهمة فى دورة الوقود النووى - بدءاً من استخلاص اليورانيوم فى وحدة نصف صناعية، ومروراً بتصنيع الوقود النووى على مستوى معملى، وانتهاءً بمعالجة النفايات المشعة والتخلص الآمن منها - بهذه الإمكانيات تكون قد كونت قاعدة عملية تكنولوجية نووية رصينة، وبهذه الصفة فهى مؤهلة وقادرة على بناء وتشغيل محطات قوى نووية، بعد أن تخلفت طويلاً عن الركب العالمى فى هذا المجال.

إن خطورة التخلف فى هذا المجال هو الافتقار لبناء وتطوير تكنولوجيا ذات طابع استراتيجى.. مصر الآن فى أشد الاحتياج إليها لمواجهة تحديات الطاقة فى المستقبل، وهى تحديات لم تعد بعيدة بل صارت تحيط بالعالم، فضلاً عن التخوف من قدوم عصر مفاعلات الاندماج النووى (وهو بالفعل قريب على الأبواب) بينما مصر لم تدخل بعد عصر مفاعلات الانشطار النووى.

■ القضايا المثارة حول استخدام الطاقة النووية بمصر

ويأتى على رأس القضايا المثارة بالتخوفات والمحاذير التى عطلت دخول مصر إلى العصر النووى حتى الآن ما يلى:

- ارتفاع التكلفة الاستثمارية: لاشك أن التكلفة الاستثمارية لمحطات القوى النووية هى تكلفة جسيمة، بيد أن دراسة أى مشروع لا تتوقف فقط عند تكلفته الاستثمارية، بل لابد وأن تراعى تكاليف التشغيل على مدى العمر التشغيلي للمشروع، وتصل تكاليف التشغيل بالفحم كوقود إلى ثلاثة أضعاف التشغيل بالوقود النووى لمحطة مماثلة، وفى حالة البترول تصل التكلفة إلى أربعة أضعافها، ولذا فإن الفارق فى التكلفة الاستثمارية يتم تغطيته من خلال الفارق فى تكاليف الوقود فى سنوات قليلة.

■ التخوفات والمحاذير

ولقد ارتفع سعر السوق حالياً ارتفاعاً غير مسبوق لكل من البترول والغاز الطبيعي وهو ما قد يزيد كثيراً على تكلفة المحطة النووية.

- **أمان المفاعلات النووية واحتمالات الحوادث:** سبق شرح ذلك باستفاضة على أنه يضاف هنا مخاطر التكنولوجيات الأخرى، ذلك أن بعض الحوادث في السنوات القليلة تشير إلى احتمالات أكبر بشأن التكنولوجيا غير النووية، ففي سنة ١٩٧٩ انهار سد في الهند وكان ضحاياه ١٥٠٠٠ فرد، وفي ١٩٨٤ حدث انفجار في خط غاز بالمكسيك وكان ضحاياه ٥٠؛ فرداً فضلاً عن آلاف المصابين.

أما ما يقال عن الآثار الإشعاعية طويلة المدى في "تشيرونوبيل" فالثابت من الدراسات الدولية التي تمت أنه فيما عدا المناطق الملاصقة للمحطة، فإن الزيادة في الجرعات الإشعاعية لم تتعد المتوسطات المسموح بها والمتعارف عليها دولياً، وهذه الجرعات لا تسبب قلقاً من ناحية الزيادة في حالات الإصابة بالسرطان، حيث تقل بمراحل عن المسببات الأخرى للسرطان في الممارسة اليومية (التدخين مثلاً)، أو الظروف البيئية (عادم السيارات)، أو مصادر الطاقة الأخرى (المواد المشعة والمواد الكيماوية المنبعثة من حرق الفحم مثلاً). وفي مصر أنجزت وزارة الكهرباء والطاقة تركيب مفاعل الأبحاث الثاني، بالإضافة إلى مفاعل الأبحاث الأول الذي تم تركيبه في الخمسينيات، ويتم تشغيلهما معاً بأمان دون وقوع أية مخاطر أو أضرار، بينما هما في حقيقتهما ينطويان على كل أخطار المحطة النووية .

- **أداء الإنسان المصري وإمكان تعامله مع التكنولوجيا النووية المعقدة:** من الواضح أن الدعوة التي تزعم أن الإنسان المصري -على إطلاقه- لا يتمتع بالانضباط أو الجدية في العمل دعوى مغرضة، ليس من نتائجها إلا استمرار التخلف التكنولوجي.. فالطائرات المصرية يقودها طيارون مصريون، ومحطات التوليد الكهربائية في مصر -وهي منشآت تكنولوجية متقدمة معقدة للغاية- لا تختلف كثيراً عن المحطات النووية، ويسديرها مهندسون وفنيون مصريون على أحسن وجه.. ولن يكون الإنسان المصري في التعامل مع تكنولوجيا معقدة، مثل الطاقة النووية، أقل من نظيره الهندي أو الباكستاني أو المكسيكي أو غيره، ممن يعيشون في مجتمعات لا تختلف كثيراً عن المجتمع المصري من حيث درجة التقدم، كما أن المحطات النووية في أية دولة من دول العالم عمل في إنشائها وتشغيلها عمال وفنيون ومهندسون مدربون على أعلى مستوى طبقاً لقواعد ونظم صارمة، يتم التأكد من تطبيقها، ليس فقط من قبل الأجهزة والسلطات المحلية، بل من قبل المنظمات الدولية، وعلى رأسها الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وفى مصر خبراء ومهندسون مشهود لهم بالكفاءة العالية فى مجال المفاعلات النووية.. أقر بذلك المسؤولون فى الوكالة الدولية للطاقة الذرية، حيث وضعت مصر فى أول قائمة الدول المؤهلة للدخول فى هذا المجال، وبرامج تدريب الكوادر للمشروعات النووية مستمرة، فضلاً عن برامج التدريب والنقل التكنولوجى التى تكون عادة جزءاً لا يتجزأ من التعاقد على المشروع.

- الوقوع فريسة للاحتكار فيما يتعلق بقطع غيار المفاعلات النووية أو الوقود اللازم لها: هذا التخوف مردود عليه بموضوعة قاطعة.. فمصر تشتري حالياً المحطات التقليدية بجميع أنواعها، والتخوف من الاحتكار يسرى على جميع تكنولوجيات إنتاج الطاقة التى تستجلبها. والحل العملى لتدارك هذا التخوف هو تكوين إمكانات الصناعة المحلية، لتصميم وتصنيع وإنشاء تلك المحطات. وحتى مع تعظيم إمكانات الصناعة المحلية سيستمر الاعتماد على التكنولوجيا العالمية فى استيراد أجزاء رئيسية من محطات التوليد بأنواعها المختلفة. وتوجد حالياً مجهودات لنقل وتوطين تكنولوجيا تصنيع الوقود النووى محلياً، وكذلك إنتاج الماء الثقيل، منعاً للاحتكار أو التقلبات السياسية التى قد تؤثر على مصادر الحصول على الوقود النووى والمستلزمات الأخرى.

- النفايات النووية وكيفية التعامل معها والتخلص منها: يجدر أولاً القول بأن دورات الوقود الأخرى (الوقود الأحفورى بأنواعه) ينتج عنها نفايات تفوق فى كمياتها وخطورتها النفايات النووية، فكميات النفايات عالية الإشعاع من المحطات النووية لتوليد الكهرباء محدودة للغاية (سبق شرح ذلك)، بل يعتبر ذلك من مميزات المحطات النووية، حيث أن هذه الكميات المحدودة تجعل من السهل التعامل معها وتخزينها مرحلياً أو لسنين طويلة وفقاً لاشتراطات التخزين المعيارية المتقدمة، وفى أعماق كبيرة تحت الأرض، وداخل حاويات متعددة المراحل يغلفها فى النهاية حائط خرسانى سميك جداً. ويوجد بمصر فى معامل هيئة الطاقة الذرية مركز للمعمل الحار يحتوى على تجهيزات حديثة للتخلص الآمن من النفايات المشعة. ويجدر القول بأنه توجد حالياً تكنولوجيات متقدمة مستخدمة حالياً ومنذ سنوات طويلة للتعامل مع النفايات وتخزينها.

■ **التأثيرات السلبية لتأخر مصر عن الدخول إلى مجال القوى النووية**

إذا استمر تخلف مصر عن احتياز محطات القوى النووية فإن ذلك يترتب عليه تأثيرات سلبية عديدة على المستويين المحلى والدولى:

فعلى المستوى الدولى:

- يلائم ذلك مستهدفات قوى عديدة تتطلع لأن تظل مصر بعيدة عن التكنولوجيا النووية.

- مكانة مصر العالمية من زاوية الجّد في التعاملات الدولية معرضة للخطر.. فقد أبدت الدول التي شاركت بعروضها في المناقصات المختلفة اهتماماً خاصاً، وكان إلغاء إجراءات السير في المناقصات ذا أثر سيء للغاية.
- تخطط بعض الدول بمنطقة الشرق الأوسط لبناء محطات قوى نووية، بل إن دولاً عربية أخرى تتفاوض مع الدول المصنعة لمحطات القوى النووية لتشييدها على أرضها، الأمر الذي يضع مصر في موقف بالغ الحرج، ويحكم عليها بالتخلف عن ركب التكنولوجيا النووية رغم تبوؤها لمركز متميز في الوكالة الدولية للطاقة الذرية.
- يخشى أن يأتي عصر الاندماج النووي ومصر لاتزال تجادل في إمكانية احتياز مفاعل لقوى الإشطار النووي، خاصة وأن مفاعلات الاندماج النووي في أمريكا (في مختبر "برينستون") وفي المجموعة الأوروبية (نظام JET) قد نجحت في توليد طاقة الاندماج النووي كخطوة مهمة على طريق تصميم محطات قوى كهربائية تعمل بالاندماج النووي.

وعلى المستوى المحلي :

- يتواتر هروب الخبرات والكفاءات التي تكونت في الهيئات النووية المصرية، والتي تم تأهيلها على أعلى مستوى، وقد تمر سنوات طويلة قبل أن يمكن تعويض هذه الخبرات والكفاءات.
- يتزايد نقص المخزون القومي من البترول والغاز الطبيعي مع تزايد الاستهلاك السنوي منهما، وتزايد التصدير لتعزيز الدخل من العملات الصعبة.. وذلك في ظل تزايد معدلات حرقهما في محطات إنتاج القوى الكهربائية رغم الاحتياج الماس إليهما في استخدامات أخرى مهمة في الصناعة والنقل والاستخدام التجاري والمنزلي، مما يجعل من توليد الكهرباء النووية أمراً ماساً ولازماً.
- من أجل ذلك كله، يصير من الضروري الأخذ بالخيار النووي الذي يتعزز على نحو كبير من كافة الأوجه الاقتصادية والاستراتيجية.

■ مصر على أبواب عصر نووي جديد

في ضوء ما سبق، اتجه السيد رئيس الجمهورية لإحياء المجلس الأعلى للطاقة، ووجه في الاجتماع الافتتاحي له إلى المبادئ الكبرى التي تحكم استراتيجية تكفل أمن وأمان الطاقة في مصر لعقود عديدة قادمة.. بل وعبر عن ذلك صراحة في خطابه التاريخي للمؤتمر الرابع للحزب الوطني الديمقراطي في ٢١ سبتمبر ٢٠٠٦ حين أعلن بحسم لا لبس فيه أن "مصر تواجه تحديات عديدة في التعامل مع قضية الطاقة، نتيجة ارتفاع معدلات النمو، وتزايد الاستهلاك، ونضوب الموارد

الأحفورية، بما يفرض علينا أن نعزز استفادتنا من مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية".

هكذا أقر السيد الرئيس الطاقة النووية كخيار رئيسي في محفظة الطاقة لمستقبل مصر، ودعا سيادته إلى حوار وطني حول الخيار النووي "لما تتيحته التقنيات النووية من مصادر نظيفة واقتصادية للطاقة، ولما نملكه من معرفة وخبرات بهذه التقنية في تطبيقاتها السلمية"، وأضاف الرئيس: "إن مستقبل الطاقة هو عنصر رئيسي في بناء مستقبل الوطن، وإن قضايا الطاقة هي جزء لا يتجزأ من المنظومة الحاكمة لأمن مصر".

ومنذ هذا التاريخ.. وعلى مدار عام كامل.. أجريت الدراسات، ودارت الحوارات، وثارَت النقاشات والمباحثات.. سواء خلال نوافذ الإعلام أو الكيانات الرسمية وعلى رأسها المجلس الأعلى للطاقة، فضلا عن الاتصالات المستمرة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية.. وإذ تجمع ذلك كله أطلق السيد الرئيس البرنامج النووي المصري في ٢٩ أكتوبر ٢٠٠٧ خلال زيارته التاريخية لمحطة كهرباء شمال القاهرة ذات الدورة المركبة ليفتح المرحلة الثانية من المحطة معلناً "قرار مصر بدء برنامج لبناء عدد من المحطات النووية لتوليد الكهرباء" وقال سيادته: "سنبدا الخطوات التنفيذية لإقامة أول محطة نووية لتوليد الكهرباء.. وسنسعى بخبرات مصر وقدراتها للتعاون مع مختلف شركائنا الدوليين ومع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في إطار الشفافية واحترام التزاماتنا وفق نظام حظر الانتشار النووي".

وأضاف السيد الرئيس: "إنني أعلن أمامكم اليوم هذا القرار الاستراتيجي.. أقول إنه يلقي علينا تبعات ومسؤوليات عديدة.. ويقتضى منا قرارات هامة.. وإجراءات تشريعية وهيكلية تتصل بقطاع الطاقة بوجه عام.. والآليات والأجهزة المختصة بالطاقة النووية.. بوجه خاص".

■ رؤية استراتيجية شاملة..
نظرة جديدة للمعادلة القومية للطاقة والتنمية

ومن هذه الرؤية الشاملة، قرر السيد الرئيس في إطار هذا الإعلان التاريخي أن يضع "أحجار الأساس" للعهد النووي المصري على النحو التالي:

- إصدار قرار جمهوري بإعادة تشكيل المجلس الأعلى للاستخدامات السلمية للطاقة النووية، تفعيلاً لدوره في وضع السياسات وإقرار المشروعات المتعلقة ببرنامج الاستخدامات السلمية للطاقة النووية، وتدعيماً لصلاحياته في متابعة إنشاء المحطات النووية، وضمان سلامتها وكفاءة تشغيلها.
- مطالبة الحكومة بسرعة التقدم بمشروع قانون ينظم العلاقة بين الجهات العاملة في مجال الاستخدامات السلمية للطاقة النووية.. أو المرتبطة به، ويحدد بوضوح مسؤوليات والتزامات هذه الجهات وصلاحياتها.

- مطالبة الحكومة بإعادة هيكلة الأجهزة والهيئات ذات الصلة، وتنمية وتطوير كوادرها البشرية، واتخاذ الإجراءات التشريعية والتنفيذية الكفيلة باضطلاعها بواجباتها ومهامها، وفق أعلى مستويات الكفاءة ومعايير الأمان والسلامة المعمول بها دولياً.
- مطالبة الحكومة بدعم جهاز الرقابة النووية وتحقيق استقلاليتها.
- المضى في توفير احتياجات التنمية من الطاقة، وتنويع مصادرها، وتطوير خطوطها وشبكاتها، وحفظ حق الأجيال القادمة في الثروة الوطنية من البترول والغاز.
- مواصلة تعزيز الوعي بالأهمية الحيوية للطاقة وترشيد استخدامها في المنازل والمصانع وشتى مواقع الإنتاج والخدمات.. كي يصبح هذا الوعي وهذا الترشيح نمط سلوك وأسلوب حياة.
- الهدف هو تأمين مصادر مستدامة للطاقة.. تفي بالاحتياجات المتزايدة للنمو الاقتصادي والاجتماعي في حاضرتنا وللأجيال المقبلة.
- لا يمكن ربط الطموحات الوطنية في الرفاهية والتنمية بالمناح من المصادر لدينا.. بل علينا التمسك بطموحاتنا وفتح السبل الممكنة جميعها لتدبير الطاقة اللازمة لما نستهدفه من معدلات التنمية العالمية والموصولة.
- مطالبة الحكومة بمضاعفة الجهد لزيادة الإنتاج والاحتياطي من البترول والغاز.. واجتذاب الاستثمارات اللازمة لذلك بما يفوق مستوياتها الراهنة.
- مطالبة الحكومة بالسعى لاجتذاب المزيد من الاستثمارات لتوسيع الإفادة بمصادر الطاقة المتجددة كالرياح والشمس لتصل نسبة ما تمثله من إجمالي الطاقة الأولية إلى ٢٠% بحلول عام ٢٠٢٠.
- مطالبة الحكومة بأن تقرر سياساتها لزيادة إنتاج الطاقة بسياسات موازية لترشيح ورفع كفاءة استخدامها بالقطاعين المنزلي والصناعي بما يسمح بالتنميتين القادرتين وغير القادرتين، وحماية محدودى الدخل من أية أعباء لا يمكنهم تحملها، والوصول بدعم الطاقة فقط إلى مستحقيه الفعليين، بدلاً عن كونه مدعاة للسرف والتبديد في استهلاك الطاقة والاستخفاف بقيمتها الحقيقية.
- مطالبة الحكومة برفع تنافسية قطاع الطاقة في مصر ومواءمة تشريعاته وتحقيق تجانسها مع السوق العالمية للطاقة، على نحو يجعل من مصر مركزاً محورياً لتداول الطاقة في منطقتي الخليج والبحر المتوسط.. وبين الشرق الأوسط وأوروبا.

- دعوة الحكومة لإقامة مناطق لتجارة وتخزين منتجات الطاقة بموانئ مصر وسواحلها على البحرين الأحمر والمتوسط، مستفيدة بذلك من هياكل البنية الأساسية القائمة من خطوط للغاز ومحطات لتسييله وخطوط للبترول بما يحقق عوائد تجارية مهمة، وتوسيع طاقات التخزين، والإسهام في تأمين ما تحتاجه البلاد من إمدادات المواد البترولية والغاز على المدى البعيد.
- وفي هذا السياق.. فالحكومة مطالبة باستكمال شبكات الربط الكهربى مشرقاً ومغرباً كي يتسنى تحقيق منافع الارتباط بالشبكة الأوروبية.
- تأكيد الحاجة الماسة لإعادة هيكلة قطاع الطاقة فى مصر.. وفق نظرة مستقبلية شاملة.. تعزز تنافسية هذا القطاع الرئيسى من قطاعات التنمية، وتطور دور الدولة والعلاقة بين منتجى الطاقة ومستخدميها، وتسعى لتنويع مصادرها وإعادة رسم خارطتها.. وتأمين إمداداتها.

■ .. فليكن الفعل الآن

الحق إن هذه الرؤية الشاملة تعالج التحديات الرئيسية فى مجال الطاقة على نحو رائع الاتزان، ولتكن المحطة النووية الأولى لتوليد الكهرباء هى نتاجها المنتظر فى أفق السنوات الخمس القادمة بمشيئة الله.

المراجع

1. EIA (Energy Information Administration), 2005: International Energy Outlook, EIA, Washington, DC.
2. Friedrich. R., 2005: "ExternE: Methodology and results", presented at External Costs of Energy and their Internalisation in Europe. Dialogue with Industry, NGO, and Policy-makers, 9 December 2005, European Commission, Brussels.
3. IAEA (International Atomic Energy Agency), 2005a: Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates, Reference Data Series No. 1, July 2005 Edition, IAEA, Vienna.
4. IAEA (International Atomic Energy Agency), 2006: Power Reactor Information System, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>
5. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2005: IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Cambridge University Press, Cambridge.
6. NEI (Nuclear Energy Institute). 2006a: Reactor Security: Multiple Safety Systems and Physical Construction, NEI, Washington, DC.
7. NEI (Nuclear Energy Institute). 2006b: Site Security: Armed Guards, Physical Barriers, Detection Systems, NEI, Washington, DC.
8. NEI (Nuclear Energy Institute). 2006c: Security Effectiveness: Independent Studies and Drills, NEI, Washington. DC, USA.
9. OECD/NEA/IEA (Nuclear Energy Agency and International Energy Agency) 2005: Projected Costs of Generating Electricity: 2005 Update, OECD, Paris.
10. UIC (Uranium Information Centre), 2006: Safety of Nuclear Power Reactors, Nuclear Issues Briefing Paper 14, UIC, Melbourne.
11. UN (United Nations), 2006a: Energy for Sustainable Development, Industrial Development, Air Pollution/Atmosphere and Climate Change: Progress in Meeting the Goals, Targets and Commitments of Agenda 21, Report of the Secretary-General. Commission on Sustainable Development, Fourteenth Session, UN Advance Copy Unedited Rep. E/CN. 17/2006/3. New York.
12. UN (United Nations), 2006b: What are the Millennium Development Goals?, <http://www.un.org/millenniumgoals/>
13. UNCSD (United Nations Commission on Sustainable Development), 2005: Backgrounder- Water for Life, UNCSD, New York.
14. UNDP (United Nations Development Programme), 2005: Human Development Report 2005: International Cooperation at a Crossroads. Aid, Trade and Security in an Unequal World, UNDP, New York.

رقم الإيداع

٢٠٠٨/٢٤٧٣١